MUNDO CIENTIFICO

¿CUÁL ES LA EDAD DEL UNIVERSO?

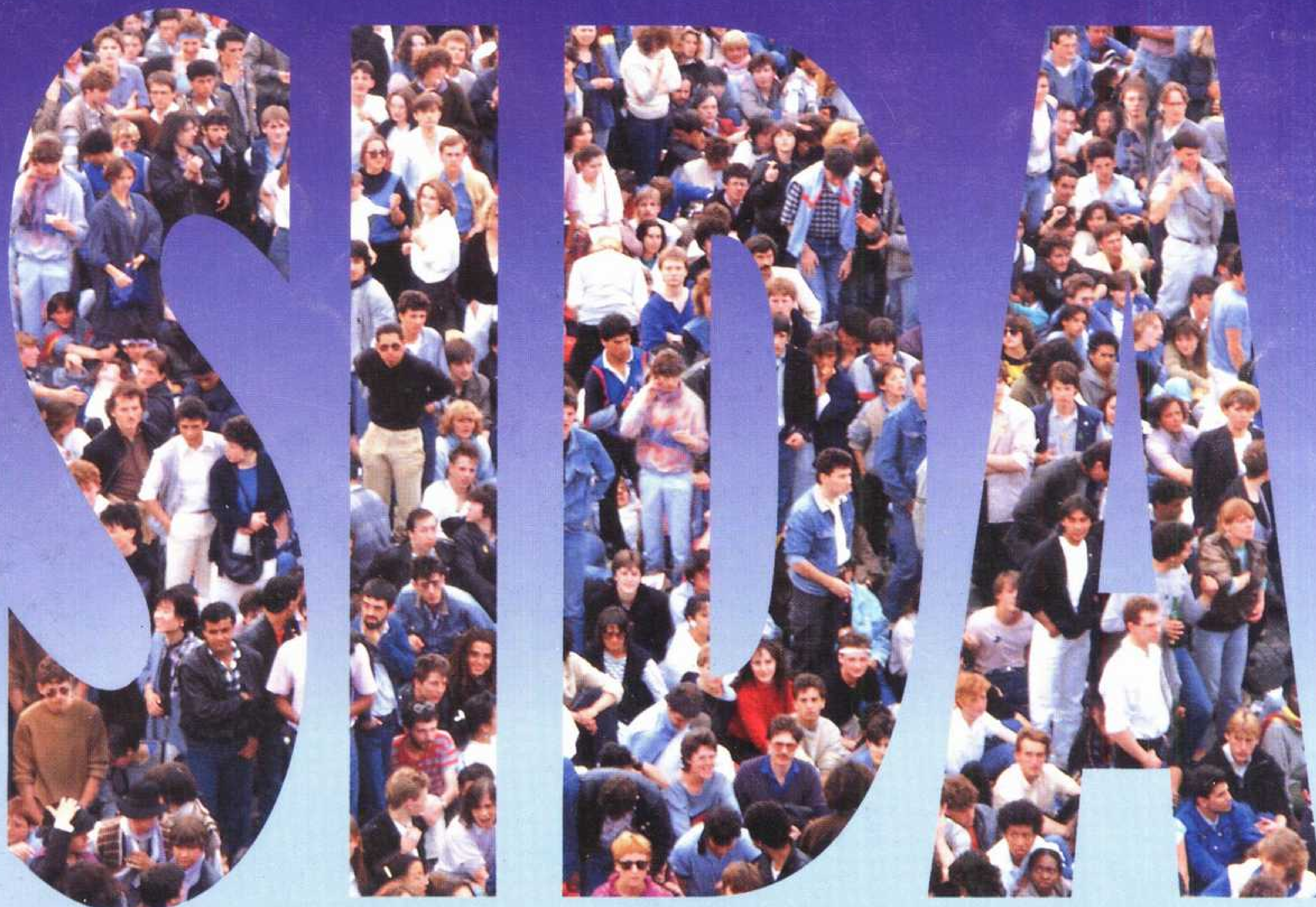
LA RECHERCHE, *versión en castellano*

N.º 156 - Abril 1995 675 Ptas.

LOS MICROBIOS INTRACELULARES
EL MITO DEL FRENTE POLAR
LA LUZ, ESCALPELO DE LAS MOLÉCULAS



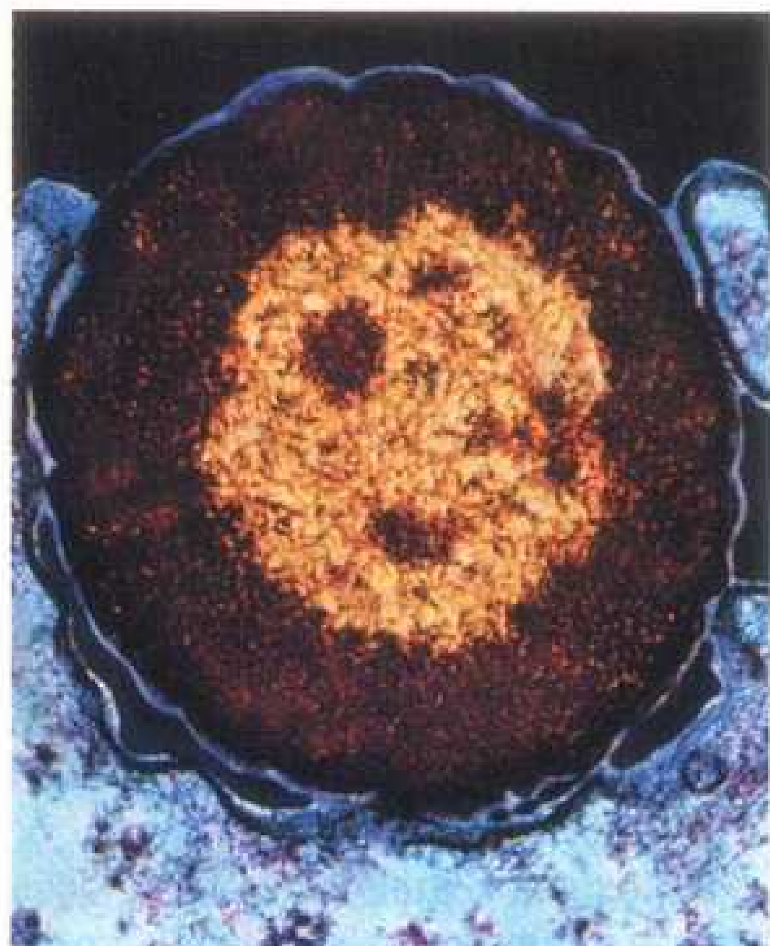
PREVENCIÓN Y SIDA

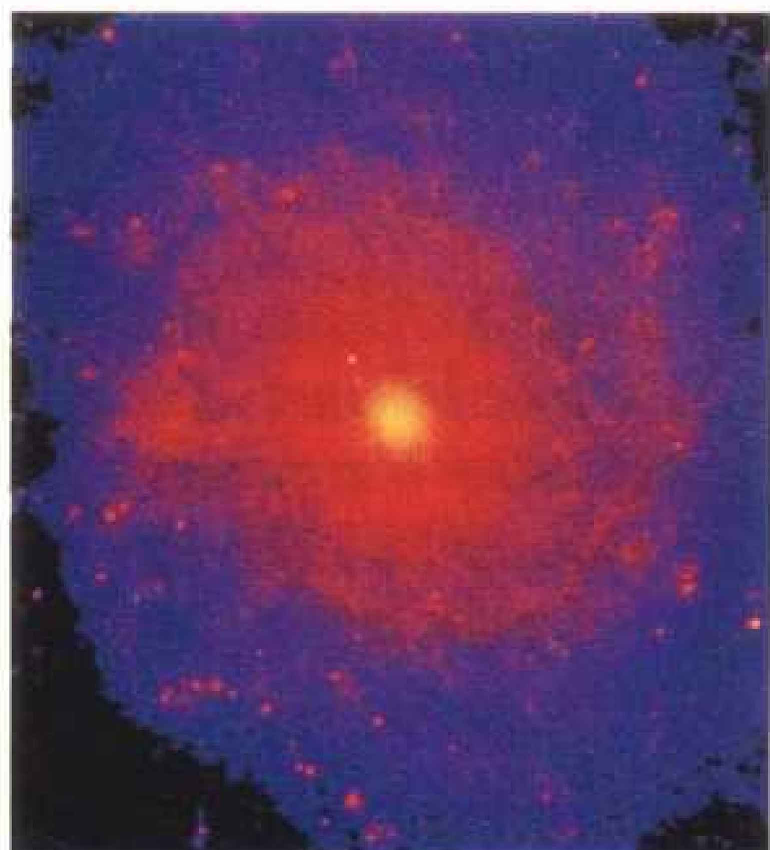


ISSN 0211 - 3058

MUNDO CIENTIFICO LA RECHERCHE, versión en castellano


LA LUZ ESCALPELO DE LAS MOLÉCULAS


LOS MIL Y UN ARDIDES DE LOS MICROBIOS INTRACELULARES


LA COSMOLOGÍA ENTRE LA ESPADA Y LA PARED

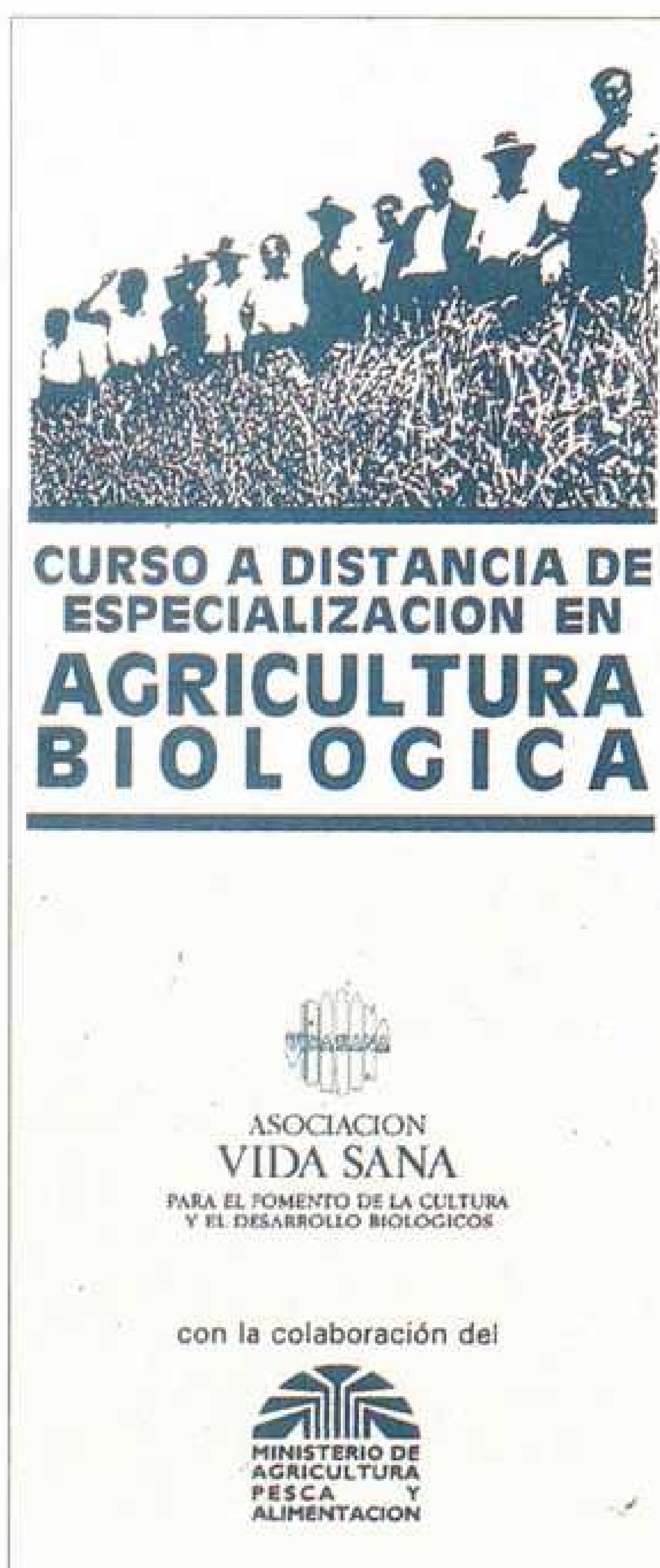

DOSSIER: LA SOCIEDAD FRANCESA A PRUEBA ANTE EL SIDA

Portada: *Ilustración, Fernando da Cunha.* *Foto, Giovannangeli/Gamma*

SUMARIO Nº 156

FORMACIÓN DE TÉCNICOS EN AGRICULTURA BIOLÓGICA EN TODO EL ESTADO

El Boletín Oficial del Estado del pasado día 8 de febrero incluía un decreto del Ministerio de Agricultura sobre medidas para fomentar métodos agrícolas «compatibles con las exigencias de protección y conservación del espacio natural». Estas mediddas vienen a definir las ayudas que establece un reglamento comunitario aprobado en junio de 1992, que formaba parte de las medidas de reforma de la Política Agrícola Comunitaria. Estas ayudas han sido largamente reclamadas y esperadas sobre todo por un grupo de productores cuya presencia en los mercados se ha incrementado, siendo, de hecho, el único sector agrícola en claro crecimiento: los agricultores biológicos, es decir, aquellos que cultivan sin plaguicidas, utilizan abonos orgánicos y, en general, aplican unos métodos que preservan la fertilidad natural y protegen el medio, ofreciendo además al consumidor un producto más nutritivo y equilibrado y sin residuos de agroquímicos. Este sector, que ha ido creciendo al margen de ayudas, y que se ha dado a conocer sin el apoyo de campañas de publicidad está viendo hoy cómo incluso algunas empresas multinacionales agroquímicas, toman parte en un mercado de claro futuro.
Por otra parte, y a diferencia de la confusión existente en otro tipo de productos, los alimentos biológicos disponen de una normativa específica clara, y de un sistema de verificación solvente. El



CRAE, Consejo Regulador, vinculado al Ministerio de Agricultura, que agrupa a agricultores, ganaderos y elaboradores, está dotado de normas internacionalmente acordadas y, en base a un sistema de inspección y calificación, facilita a un marchamo por el que el consumidor puede reconocer el producto controlado. Actualmente las comunidades autónomas están asumiendo las competencias en este campo, poniendo en marcha órganos equivalentes en sus territorios.
En España fue Vida Sana, una asociación de consumidores, sin fines lucrativos, la que, en 1974, abrió el camino a esta alternativa. Sus «Aules de Garantía» y sus «Cuadernos de Normas» han sido y son todavía, referencia y respaldo para productores y consumidores.
Vida Sana presenta estos días, con la colaboración del Ministerio de Agricultura y del CRAE, una nueva iniciativa que también se puede beneficiar de las ayudas económicas comunitarias: un curso de especialización en agricultura biológica a distancia. Aunque no parezca a primera vista que la agricultura sea materia que pueda aprenderse por correspondencia y desde luego se trata de la primera experiencia a este nivel de que se tiene noticia, las caracteísticas y objetivos del curso lo justifican.
Se trata de lograr para nuestro país, en cada una de las comunidades autónomas, un grupo de agrónomos con una especialización de alto nivel refrendada por un diploma del Ministerio de Agricultura, para que se puedan hacer cargo con garantías de la enseñanza, la investigación, la asesoría y la verificación y control de calidad, alejándonos de la dependencia de especialistas extranjeros que venimos padeciendo.

ESPAÑA FINANCIARÁ LA VACUNA DE PATARROYO

España financiará junto con Colombia la producción y aplicación de la vacuna contra la malaria descubierta en 1988 por el científico colombiano, Manuel Patarroyo.
Ambos países han firmado una cuerdo de colaboración que tendrá una duración de cinco años prorrogables para la inmunización a gran escala en Tailandia, Mozambique, Tanzania, Colombia y Filipinas.
Las dos entidades encargadas del proyecto serán el Instituto Inmunológico de la Universidad de Colombia, que dirige Patarroyo y el Hospital Clínico de Barcelona, el cual colabora desde hace cuatro años con el bioquímico sobre la experimentación de la vacuna SPF66.
Los resultados de los primeros ensayos dieron una protección del 40 al 60 %, mientras que los últimos resultados conocidos el pasado mes de setiembre sólo alcanzaron una protección del 31 %, razón por la cual muchas personas se resisten a un uso masivo de la vacuna.
Recientemente en un simposio sobre vacunas celebrado en Madrid, el representante de la Organización Mundial de la Salud dijo que este organismo consideraba prematuro recomendarla hasta obtener más datos sobre su eficacia.
Por su parte Manuel Patarroyo ha cedido los derechos a la OMS en beneficio de toda la humanidad después de rechazar una oferta multimillonaria de unos laboratorios.
Próximamente se construirá en el hospital San Juan de Dios de Bogotá un laboratorio para la fabricación de la vacuna. Está previsto que las obras de construcción cuesten 1600 millones de pesetas.

ACELERÓN EN EL CERN

Los diecinueve estados miembros del Laboratorio europeo de física de partículas, el *CERN*, llegaron


(Foto: Cern)

finalmente, el pasado 16 de diciembre en Ginebra, a un acuerdo sobre la financiación y el calendario de construcción del Gran Colisionador de Hadrones (*LHC*). Se han necesitado meses de negociaciones para llegar a un consenso que permita construir el mayor acelerador de partículas del mundo, que los especialistas en física de las altas energías esperan con impaciencia (véase «La física necesita el acelerador *LHC*», *Mundo Científico*, nº 154, febrero, 1995). En los términos del acuerdo Alemania, que ha bloqueado durante mucho tiempo la decisión de construir el *LHC*, ha obtenido una reducción de su contribución del 25 al 22,5 % hasta 1998. Francia y Suiza invertirán respectivamente 218 y 244 millones de francos suplementarios. Finalmente, la construcción se extenderá hasta el año 2008, con una primera etapa el 2004 que permitirá que la máquina alcance una energía 10 teraelectrón-voltios. Cuatro años más tarde, los imanes suplementarios elevarán esta energía a 14 TeV. C. Llewellyn Smith (fotografía), director general del *CERN*, puede empezar ahora a negociar la participación de los estados no miembros del *CERN*, en especial norteamericanos, japoneses y canadienses. Sus eventuales aportaciones financieras podrían permitir entonces que el *CERN* se liberara de la primera etapa y construyese ya en 1994, o incluso antes, un acelerador de 14 TeV.

EL PRIMER CAFÉ QUE SE CALIENTA SOLO

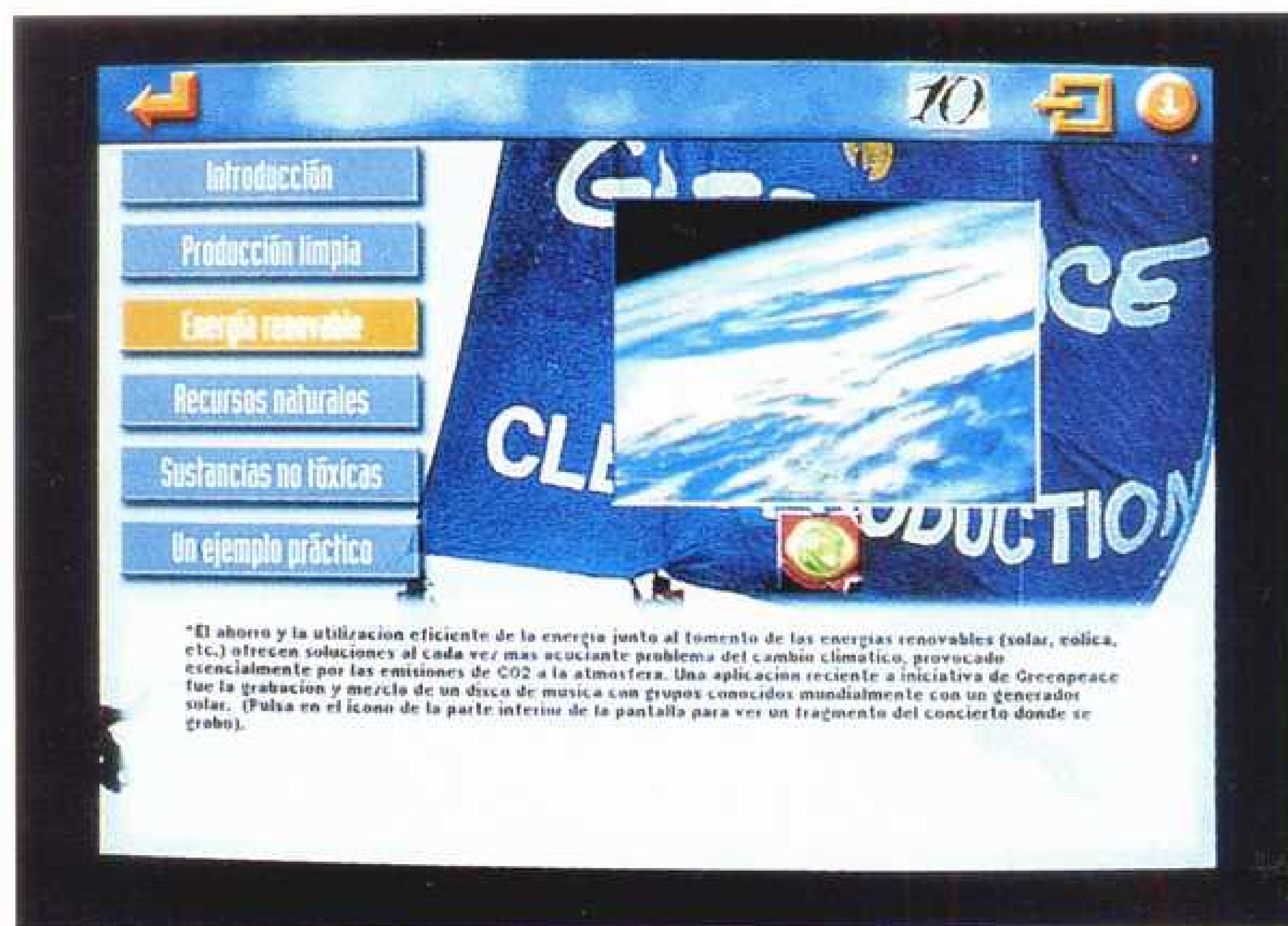


Recientemente ha aparecido en el mercado español el primer café líquido envasado que se calienta sin fuego, sin microondas y sin cafeteras. Basta con un simple movimiento de la mano. Por ello Baritalia supone una auténtica novedad mundial dentro del sector de la alimentación.
Se trata de un producto italiano, consistente en un vaso auto-calentable que contiene 40 ml de café y que permite tomarlo caliente en cualquier sitio. El consumidor sólo tiene que invertir y presionar la base del recipiente, agitar durante 40 segundos, destaparlo y tomárselo calentito. Su secreto está en que, el recipiente es de doble fondo, separados por una menbrana en la que hay agua y sales minerales. El agua y las sales minerales entra en contacto y, en segundos, se produce el calor controlado que, de manera instantánea, calienta el café a una temperatura de 41 grados.
De momento sólo podemos encontrar café solo, café con brandy, café con whisky y café con anís. Esta novedad mundial, que se presenta en el mercado español es un producto de Blusei SPA, empresa italiana fundada en 1982.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA UNIÓN EUROPEA

Algunos sectores de la industria europea están perfectamente informados sobre lo que la UE está haciendo para potenciar el desarrollo y la investigación tecnológica, mientras que otros sectores no lo están tanto. Para quienes creen conveniente mejorar sus conocimientos, analizaremos lo que las diferentes empresas pueden obtener de las enormes inversiones que están realizando.
La Unión Europea está firmemente convencida de la necesidad de incentivar a la industria europea para que pueda superar a sus competidores en términos de avance tecnológico. Esta opinión se ha materializado en una aportación de 15 000 millones de Ecu para una serie de tres programas marco de I+D, habiéndose fijado en 12 300 millones de Ecu, el presupuesto para el cuarto programa marco, que abarca los años 1994-1998.
¿Qué está haciendo para potenciar el avance tecnológico y en qué forma exactamente se beneficiará la industria europea? Dicho brevemente, la Unión Europea pone fondos a disposición de las instituciones investigadoras y de la industria, que generalmente crean asociaciones, para desarrollar proyectos de investigación realcionados con la mejora de la competencia. Estos proyectos se han diseñado para que los resultados obtenidos, sean incorporados por la industria europea en sus procesos de fabricación y/o producción, y sean utilizados para el desarrollo de nuevos productos.
La política «de mejora de competencia» no consiste en financiar directamente a una organización o grupo determinado, sino en acelerar los programas de I+D sobre temas de interés para la industria en general.
El servicio informativo sobre investigación y desarrollo de la UE, conocido por CORDIS, ofrece acceso gratuito de consulta e información de numerosas bases de datos sobre actividades de investigación y desarrollo. Estas bases de datos abarcan programas de investigación y proyectos individuales, socios participantes, informes y otra documentación, además de los acrónimos utilizados en la administración de los programas, para quienes se pierden fácilmente

en los términos de la UE. CORDIS publica regularmente noticias sobre actividades de I+D, con datos referentes a proyectos específicos, bien en CD-ROM o como documentos impresos. También están disponibles en forma impresa guías sobre proyectos y socios para quienes no disponen de acceso on-line, y una gran variedad de catálogos ofrece asesoramiento en profundidad sobre las principales áreas de los programas de investigación y desarrollo de la UE. El acceso on-line a CORDIS está estructurado de forma sencilla y los gastos se reducen a la conexión telefónica según tarifas locales. También esta información está disponible en forma impresa. Estas fuentes de información abarcan una selección de las bases de datos accesibles en línea.
Aunque el servicio CORDIS, con sede en Luxemburgo, cuenta con una oficina de I+DT en la que se pueden realizar consultas mediante teléfono o fax, la información está disponible localmente en todo la UE en diversos formatos. Las publicaciones sobre I+D - publicaciones oficiales de la UE- se pueden obtener en las agencias de ventas de cada uno de los países miembros. Algunas de estas publicaciones son repartidas de manera gratuita por la oficina I+DT previa petición.
Los «centros repetidores de Valor» prestan una asistencia más personal
Valor es el nombre que recibe aquella parte de la iniciativa de investigación y desarrollo que garantiza el acceso a la información y la plena explotación de la inversión por parte de la industria europea. El servicio CORDIS forma parte del programa Valor.
Los centros de repetición de Valor establecidos en todos los estados miembros de la UE ofrecen orientación y asistencia activa a quienes deseen aprovechar las oportunidades de I+D. Sus funciones abarcan desde la celebración de seminarios y asesoramiento hasta las consultas individuales.



EDITADO EL PRIMER CD-ROM DE GREEPEACE

La organización ecologista Greepeace ha editado recientemente un CD-ROM que ha regalado en la revista especializada de informática PCManía.
Este CD-ROM, dedicado al décimo aniversario de la oficina española de Greenpeace, recoge varios apartados. En «imágenes para una década», aparecen resumidos las campañas y acontecimientos que han ido formando la historia de la oficina española desde sus principios. «Geenpeace en España» permite conocer y comprender mejor el funcionamiento interno de la oficina. «Como colaborar con Greenpeace» explica cómo las personas que deseen aportar su ayuda y parte de su tiempo a la organización pueden hacerlo. Las orientaciones futuras de trabajo de la organización tanto a nivel internacional como a nivel de España y el planteamiento de alternativas, elementos claves para una sociedad más respetuosa con su medio ambiente y en definitiva con los propios seres humanos configuran «Alternativas para el futuro». Estos cuatro bloques vienen complementados con un apartado de «entrevistas» , entre las cuales Xavier Pastor, Presidente de Greenpeace España desde sus principios comenta, entre otros, aspectos personales de su larga trayectoria en el seno de la organización ecologista.
El disco recoge además de fotografías y extractos de vídeo de la organización, sonidos de la naturaleza y algunos temas del disco NRG, primer disco grabado y mezclado enteramente con energía solar.
Para más información llamar a la oficina de Greenpeace Madrid. Tel. (91) 543 47 04. Srta. Clara Aubert.

GEOPROYECTO SOMETIDOS A UN TEST ECOLÓGICO

Desde hace cinco años no se aprueba ningún proyecto de contrucción de envergadura sin haber sido analizado anteriormente en relación con su compatibilidad medioambiental. Ya en una primera fase de planificación comienza el trabajo de geocientíficos y geoingenieros, cuyos métodos más recientes se presentarán en Colonia, en geotecnica, del 2 al 5 de mayo. La Feria internacional monográfica y el Congreso de geociencia y geotecnia presentará el instrumental completo de productos y métodos para trabajar *in situ*, en laboratorio y en ordenador.

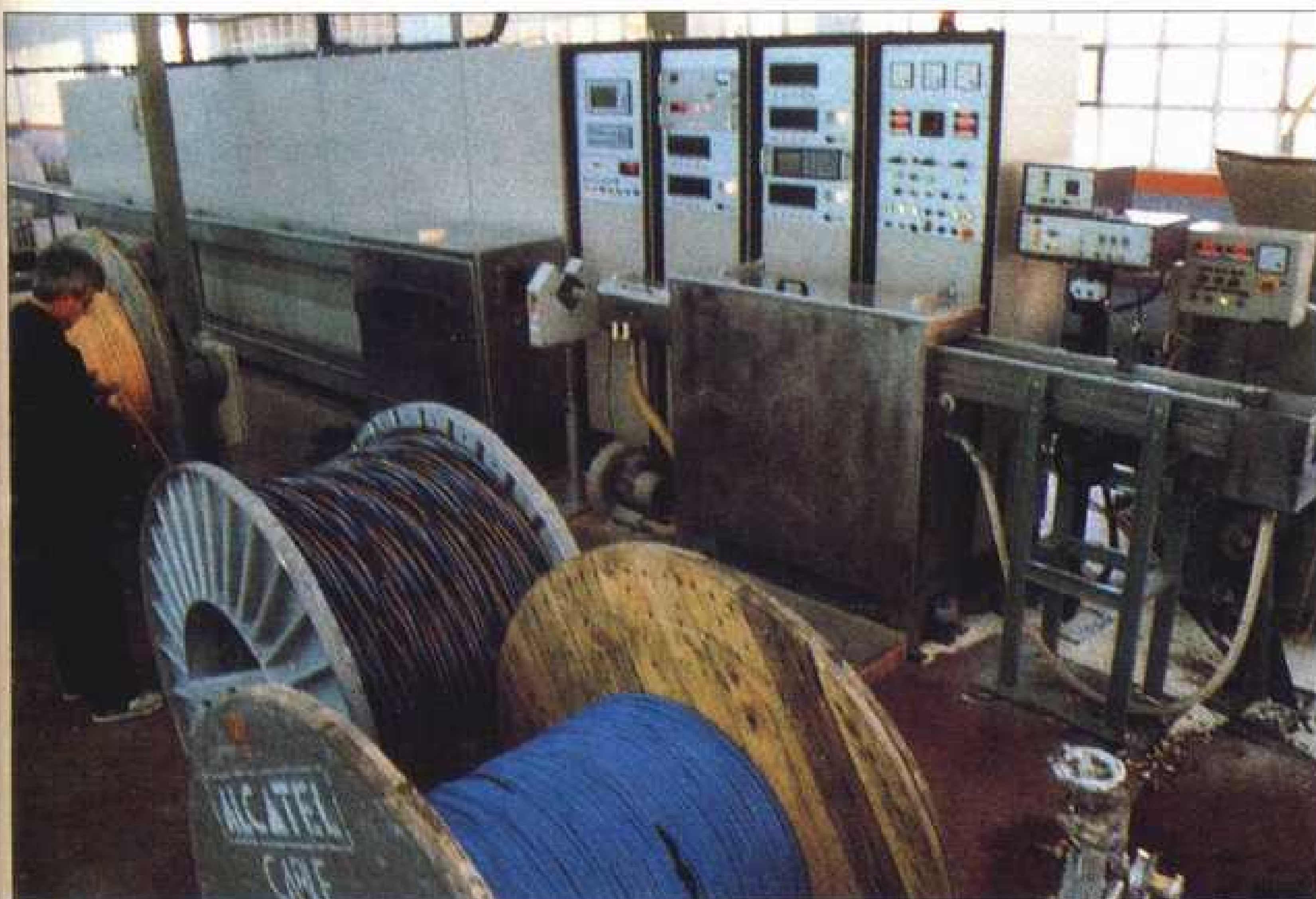


Los geoexpertos han de elaborar el estudio de compatibilidad medioambiental (UVS), el núcleo del análisis ecológico, en colaboración con científicos de otras disciplinas: zoólogos, biólogos y también ingenieros civiles. En el UVS se calculan los datos básicos del proyecto, así como sus consecuencias directas e indirectas sobre el medio ambiente. En caso de problemas han de ofrecer soluciones; y para ello se precisa un equipo de especialistas.
En la ciudad de Baviera se puso de manifiesto el alcance de los estudios. Se trata de evaluar ecológicamente la ampliación del Danubio entre Ratisbona y Vilshoven. Se analizó un corredor de 50 km de longitud y 5 de anchura. Se consultó a toda una serie de geoexpertos: primero, expertos en exploración aeroespacial sobrevolaron con aviones especiales la región afectada. Sus fotografías aéreas, a escala 1:10.000, proporcionaron los datos más importantes del terreno. Esteroscopios especiales transformaron las tomas en imágenes tridimensionales, de modo que se pudieron evaluar y cartografiar con precisión. Los hidrólogos elaboraron un estudio de carácter del río, tratando las consecuencias para las aguas subterráneas. Las

oscilaciones del nivel y sus índices extremos. Los geólogos procesaron los datos del suelo, los complementaron, cartografiaron perfiles del suelo y elaboraron un mapa ecológico. Los limnólogos, expertos en aguas fluviales, analizaron la biología y factores físicos como profundidad y temperatura del río.
Para procesar los datos se desarrolló un sistema geográfico de información asistido por ordenador. Su función consistía en elaborar 81 mapas digitales a esacala 1:5.000, con todos los datos individuales. Un primer análisis de los cinco modelos de ampliación del Danubio reveló que todos ellos significaban una fuerte injerencia, lo cual no era ecológicamente aceptable. Por ello se decidió la realización de canales laterales: un trayecto relativamente largo del Danubio se pudo liberar de la navegación, para regenerarse.
Este método tuvo en Baviera un carácter piloto para los estudios de compatibilidad medioambiental, formando ya parte del procedimiento de ordenación espacial.
Este ejemplo ha puesto claramente de manifiesto la complejidad de los trabajos geocientíficos y la necesidad de una cooperación interdisciplinaria entre las numerosas ramas geocientíficas y aplicaciones geotécnicas.
Este planteamiento integrador es también la ventaja de geotechnica.

PRACTICAR CON ALCATEL CABLE

Alcatel Cable Ibérica ha firmado un acuerdo de colaboración educativa con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de Santander para que los estudiantes de dicho centro puedan realizar prácticas en la misma.
El objetivo del acuerdo es facilitar e impulsar las actividades formativas de los jóvenes estudiantes, acercarles a la realidad empresarial y proporcionarles nuevas salidas profesionales.



NACE UN MACHO DE ANOA

Recientemente ha nacido en el zoo de Barcelona un macho de esta rara especie de buey asiático *(Bubalus depressicornis)*, que se caracteriza por ser el más pequeño de todos los bovinos (subfamilia de los bóvidos que incluye bueyes, búfalos, bisones y vacas).
Los machos adultos no llegan a medir más de un metro de alto, ni a pesar mucho más de 200 kg.
Las Anoas viven sólo en las selvas de las islas Célebes, Indonesia.
Hoy en día esta especie se encuentra en grave peligro de extinción a causa de la excesiva caza y, sobre todo, la continuada destrucción de su hábitat selvático para ganar terrenos a la agricultura. Estos factores han reducido mucho el número de animales y los han forzado a sobrevivir sólo en zonas que resulten más recóndidas e inaccesibles para la población local.
En cautividad existen cerca de una cicuentena de ejemplares en menos de 20 parques zoológicos de todo el mundo. Su reproducción en cautividad aún es escasa, en el último año sólo han nacido seis animales de esta especie, en los zoos de Menphis, Londres y Leipzig.
El peiodo de gestación dura entre 275 y 315 días y acostumbra a nacer una sola cría en cada parto.
El programa de cría europeo para la Anoa *(EEP)* está coordinado desde el zoo de Leipzig. Actualmente es necesario un incremento de la población que se encuentra en cautividad para asegurar la perpetuación de la misma.
Según una información de la Oficina Ejecutiva de la *EEP* en el año 1992, tan sólo ocho zoológicos europeos mantenían esta rara especie: Berlín, Krefeld, Leipzig, Londres, París, Planckendeel, Rotterdam y Stuttgart.
El zoo de Barcelona se incorporó a la *EEP* en el año 1993, cuando recibió un ejemplar macho donado por el zoo de Rotterdam y una hembra proveniente del zoo de Leipzig.

CICLO PREMIOS NOBEL Y GRANDES CIENTÍFICOS FRANCESES

Le evolución del pensamiento científico y la investigación son instrumentos esenciales de la innovación y del progreso en toda sociedad avanzada.
La renovación permanente del tejido industrial y la mejora de las condiciones de vida dependen, en alto grado, de los resultados de las investigaciones de ámbitos diversos de la medicina, la física y la química, entre otras disciplinas.
Animados por el deseo de contribuir al esfuerzo de las relaciones entre comunidades científicas de España y de Francia y divulgar el fruto de importantes investigaciones llevadas a cabo por científicos franceses, la Embajada de Francia en España y «Diálogo», Asociación de Amistad Hispano-Francesa, con el patrocinio de Fundación Central-Hispano, organizan en Madrid, a lo largo del año 1995, un ciclo de conferencias, bajo el título «Premios Nobel y grandes científicos de Francia».
Con ocasión de su presencia en Madrid para participar en el ciclo, los Premios Nobel y otras personalidades científicas invitadas mantendrán contactos directos con sus colegas españoles.
De momento sólo dos científicos han venido a España. Ellos son Jean Marie Lehn, Premio Nobel de química 1987 y François Jacob, Premio Nobel de medicina 1965. El próximo mes de mayo asistirá Claude Lorius, Presidente del Instituto Francés para la Investigación y la Tecnología Polares.

ANTENA OMNIDIRECCIONAL PARA RECEPCIÓN TELEVISIVA



La firma británica Status acaba de presentar una antena omnidireccional que permite la captación de emisiones televisivas en condiciones difíciles: autocares, embarcaciones, caravanas o incluso en viviendas donde las antenas clásicas tienen dificultades para garantizar las recepciones más adecuadas. La antena Status además de la percepción de todas la bandas de emisiones televisivas permite la captación de emisiones radiofónicas en FM.
Esta antena tiene una extraordinaria facilidad de intalación y extracción (funciones que puede realizar el propio usuario sin dificultad alguna). Además, su opción de base con ventosas permite su utilización en un elemento móvil de forma provisional, pudiendo posteriormente utilizarse en otros lugares o condiciones.
La construcción de Status en material plástico ABS de alta calidad garantizan su calidad estable y la mayor resistencia a la intemperie.

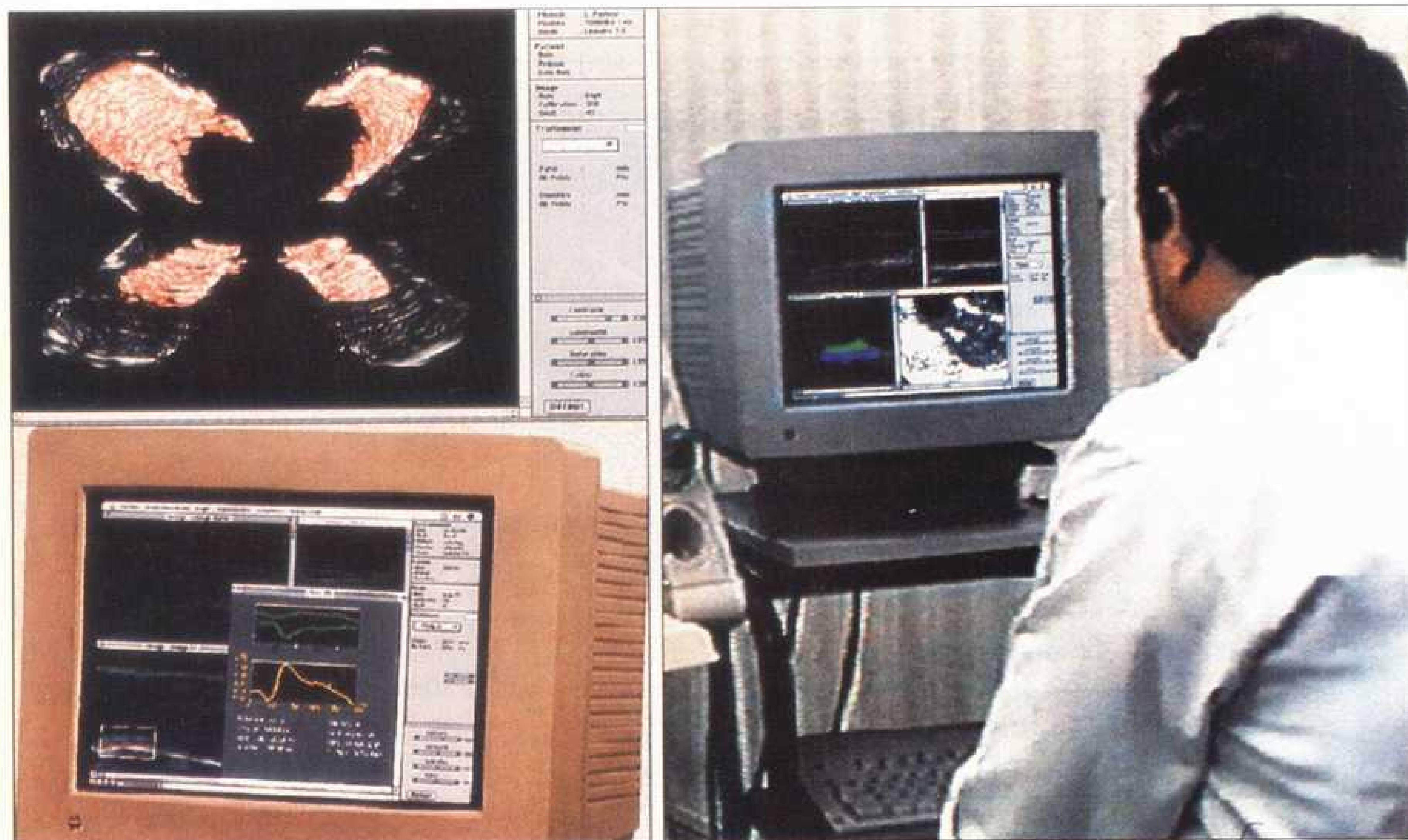
MEDIDOR COMPACTO DE VIBRACIONES CON CAPACIDAD DE CONTROL REMOTO

El medidor de vibraciones UVS 1500 de la compañía sueca ABEM Instrument AB está dotado de control remoto. Con un módem y un nuevo programa de ordenador, los usuarios pueden realizar observaciones y recopilar datos de un número ilimitado de instrumentos instalados en cualquier lugar del mundo.
El UVS 1500 es uno de los tres medidores de vibraciones que integran la gama tradicional de instrumentos de mediciones geológicas de la compañía.
El UVS 1500 es un instrumento de 4 a 8 canales para medir vibraciones en tierra y ondas de choque difundidas en el aire.
Puede medir la velocidad máxima de vibración así como sus características totales, y funcionar sin personal durante más de un mes.
El programa de ordenador UVS Remote permite recopilar datos de volanduras u otras fuentes de vibraciones directamente en un ordenador de mesa. El paquete consiste básicamente en un programa de ordenador y un módem para PC e instrumento.
El UVS 1608, de 8 canales, es el instrumento más completo de la compañía. Su periodo de muestreo de vibraciones y ondas de presión puede ser sólo 20 segundos. La 5000 Hz frecuencia de muestreo proporciona, según lo informado, datos de muy alta calidad para análisis. Los resultados se presentan en una pantalla LCD y se pueden imprimir en una impresora incorporada o bien salvar en el disco duro de un ordenador exterior.
Se pueden conectar al equipo diversos sensores. También hay varios módulos de programas que se pueden conectar para proceso de señales, por ejemplo, de diferenciación, integración, etc. de las señales registradas.



PREVENCIÓN, DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO MÉDICO

La empresa francesa IöDP acaba de desarrollar una gama de programas informáticos modulares de altas prestaciones para la cuantificación automatizada *in vivo* de los parámetros estructurales de los tejidos y de las lesiones. Este software está dirigido a la prevención, el diagnóstico y el seguimiento clínico de los casos de riesgo patológico.
Los módulos de cuantificación están basados en un sistema informático llamado IöTEC, que incluye todas las funciones necesarias para la



negligencia en su mantenimiento, fuente, a su vez, de posibles graves complicaciones oftalmológicas. La fiabilidad y los sistemas de seguridad de este aparato le permiten satisfacer las normas de homologación más rigurosas (Suiza, Canadá, Estados Unidos).

adquisición, archivado, visualización, búsqueda e intercambio e imágenes, de secuencias de imágenes, de señales y de historias clínicas de los pacientes. Este sistema, que consta de una parte de software y de otra de equipos de tratamiento específico, aprovecha plenamente las nuevas tecnologías multimedia para dotar el trabajo del médico de una dimensión, al poderse integrar muy fácilmente en los sistemas informáticos existentes y futuros del hospital. IōTEC tiene aplicación en todos los campos de la medicina en los que las imágenes juegan un papel importante.
En el campo de la medicina cardiovascular (ecografía), el módulo IMT garantiza la medida automatizada del espesor del conjunto de la pared de las arterias y las sustancias que en ellas se han ido depositando; los módulos DST y CPL hacen lo propio con la distensibilidad y funcionamiento arteriales, mientras que PLS hace posible la medición de las placas de arteroma. Los resultados que se obtienen en un paciente dado son muy precisos y fáciles de recuperar en cualquier momento, Lo que simplifica considerablemente el seguimiento terapéutico. Se mantienen estables y homogéneos aunque sean manipulados por distintas personas y en distintos equipos, lo que hace posible la comparación de las imágenes adquiridas por diversos médicos.
La oferta de IōDP incluye también los módulos destinados por un lado a la oftalmología, concretamente a la cuantificación de los edemas de retina (angiografía fluorescente) y por otra, a la ginecología, en lo que se refiere a la cuantificación automatizada de las contracciones uterinas (ecografía endovaginal).
Además en la actualidad se están desarrollando otros módulos para muy diversos campos como son la medicina cardiovascular, la urología, la dermatología, la oncología, etc.

UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS LENTES DE CONTACTO

La empresa francesa Jos'Medical comercializa un aparato de descontaminación y limpieza de lentes de contacto utilizando la sinergia entre rayos ultravioletas y altas frecuencias.
Se trata de un sistema electrónico único en el mundo que garantiza un mantenimiento no químico de las prótesis oculares.
Aquasteril, que así se llama el aparato, se presenta en forma de una caja de pequeño tamaño que permite limpiar y desinfectar completamente las lentes de contacto gracias a la acción combinada de los ultrasonidos y la radiación ultravioleta.
El funcionamiento enteramente automático de Aquasteril elimina, además, los daños en las lentes de contacto, que pueden producirse por

MÁQUINA «ELITE» DE INDO

Indo, empresa líder en el sector de la óptica-oftálmica, ha sido recientemente galardonada con el premio «Award of Excellence», concedido en la feria OLA. (Optical Laboratories Association), sin duda el más importante evento a nivel mundial que se celebra sobre maquinaria para óptica, por su biseladora Elite, fruto del trabajo realizado en el área I+D de Indo. Elite es un revolucionario sistema de biselar lentes (cortar y dar forma a los vidrios para gafas) que incorpora unos procesos tecnológicos que posibilita un biselado hasta límites no conocidos por el momento. La tarea de biselar lentes se hacía antes manualmente y utilizando una plantilla.



REALIDAD VIRTUAL PARA PROFESIONALES



Con la presencia en Madrid de uno de sus creadores, el norteamericano Richard Boyd, ha tenido lugar la presentación de Virtus Pro, un programa para *PC*-s que inaugura la posibilidad de aplicar las técnicas de la realidad virtual a usos profesionales.
Permite, sin conocimientos previos de informática, crear y explorar universos propios, donde el profesional o el artista materializa sus ideas.
Según los responsables de su lanzamiento en España, Virtus Pro rompe la barrera entre el *CAD* y la realidad virtual. Se trata de un programa de dibujo en *2D* y visualización en *3D*, con extraordinarios recursos para dotar de realismo a los espacios creados por el usuario. Sus librerías de objetos permiten incorporar a ese espacio todos los elementos que interesen en cada aplicación. Y todo ello con una increíble rapidez.
Gracias al efecto conjunto de la perspectiva, el color y las texturas, el mundo creado por el usuario aparece en pantalla con una fuerte apariencia de realidad. La exploración de este espacio permite examinar, desde diferentes distancias y puntos de vista, todos y cada uno de sus detalles, y valorar el efecto de cualquier modificación que se introduzca: poner o quitar muebles, cambiarlos de sitio, alterar las dimensiones de los distintos elementos, utilizar nuevos colores o materiales.
La visualización puede enriquecerse con la incorporación de películas de animación en formato Quick Time (Macintosh) para dar mayor vida a presentaciones multimedia tridimensionales.
Se puede incorporar también vídeo para Windows, lo que permite grabar en este soporte los propios diseños y, mediante el denominado Virtus Player (la nueva utilidad de multiedición que viene con el Virtus profesional), se puede hacer partícipes de las propias creaciones y modelizaciones a clientes, colegas, amigos... que tengan su propio *PC*, aunque no dispongan del software Virtus.
Virtus tiene la precisión de un programa *CAD* aunque no permite incorporar medidas al dibujo en plano de los mundos que crea.
También puede asimilarse Virtus al espectacular mundo de la realidad virtual debido a la posibilidad de acoplar dispositivos. La configuración recomendada para usar el Virtus profesional es: Macintosh Centris, Quadra, Power Macintosh o PowerBooks con procesador *68040*, con *16MB* o más de *RAM*.

JOINT VENTURE ENTRE VERBATIM Y SANYO

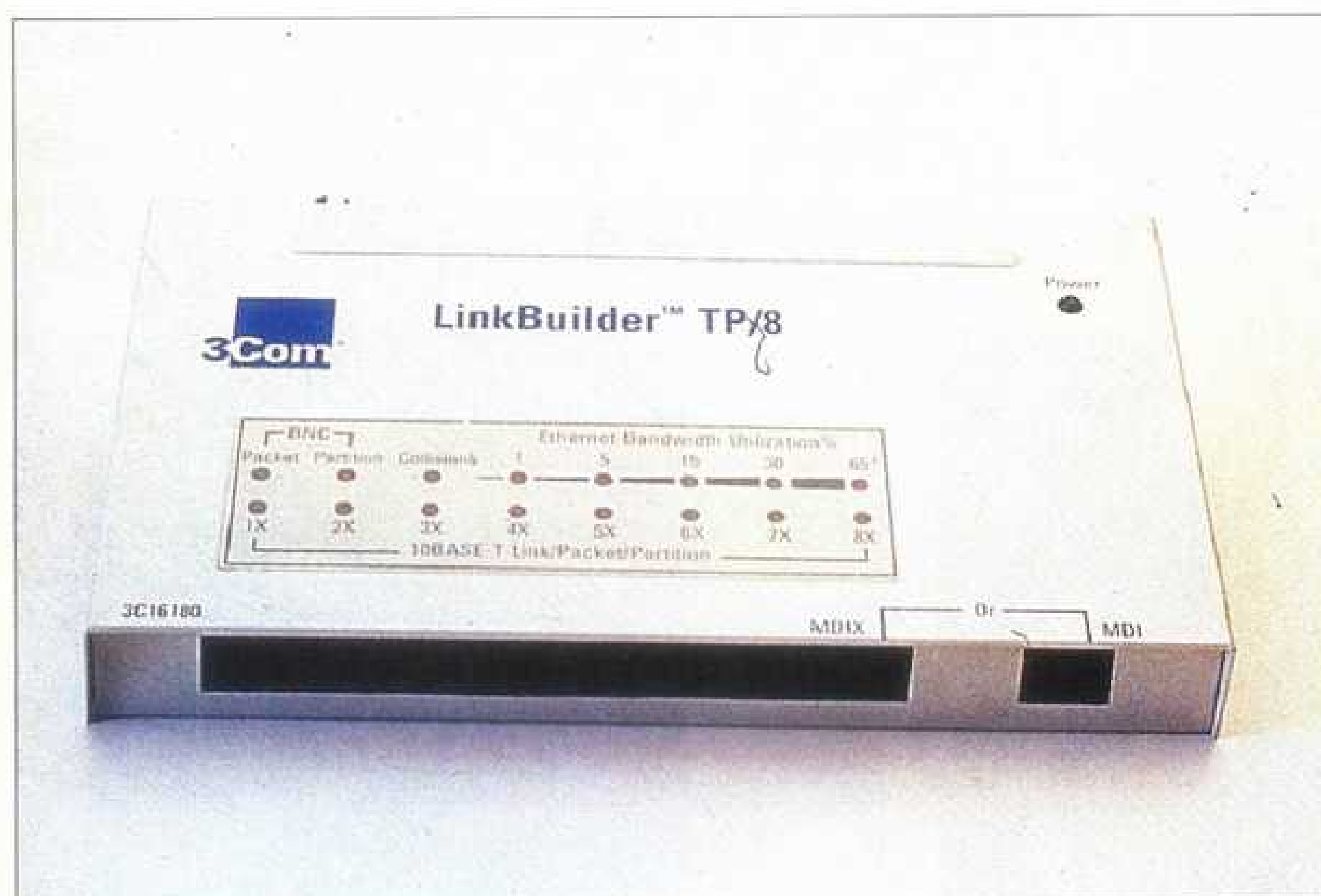
Verbatim Corporation y Sanyo Laser Product anuncian la firma de un acuerdo con el propósito de emprender una empresa común que se convertirá en uno de los fabricantes independientes de *CD-ROM* y *CD*-Audio más importantes de Norteamérica.
Este negocio se está implementando con la contribución de ambas partes: Sanyo's Richmont y la planta de Compact Disc de Indiana, la cual comprende la moderna fabricación del *CD*, las ventas y las operaciones de servicio, se verá complementada con la sofisticada tecnología para discos ópticos de Verbatim, la red de ventas y los conocimienos de marketing de esta compañía.
Además, Verbatim aportará recursos económicos para apoyar la capacidad de expansión de las nuevas instalaciones.
Verbatim ve esta empresa conjunta como una oportunidad estratégica para un crecimiento combinado. *Casi la mitad del negocio de Verbatim se encuentra en el mercado del OEM.*

NUEVA GAMA DE TARJETAS POWERLIGHTNING DE XIONICS

Suricata, empresa representante de Xionics en España, anuncia la disponibilidad de la gama de tarjetas PowerLightning. Se trata de tarjetas controladas de escaners de alta velocidad para Windows. Las tarjetas de la línea PowerLigthtning son compatibles con las aplicaciones de gestión de documentos, fax y *OCR* (reconocimiento óptico de caracteres) que soporten los estándares de interfase de captura de datos por escáner *ISIS* y *TWAIN*, así como con las aplicaciones desarrolladas mediante el software PowerTools de Xionics para Windows. La nueva gama de tarjetas para escaners de alta velocidad proporcionan utilidades de compresión y descompresión de imágenes, que se adaptan a los estándares *CCITT* grupos 3 y 4 y *TIFF* tipo 2.

MINI-HUB LINKBUILDER TP/8

3COM, líder del networking



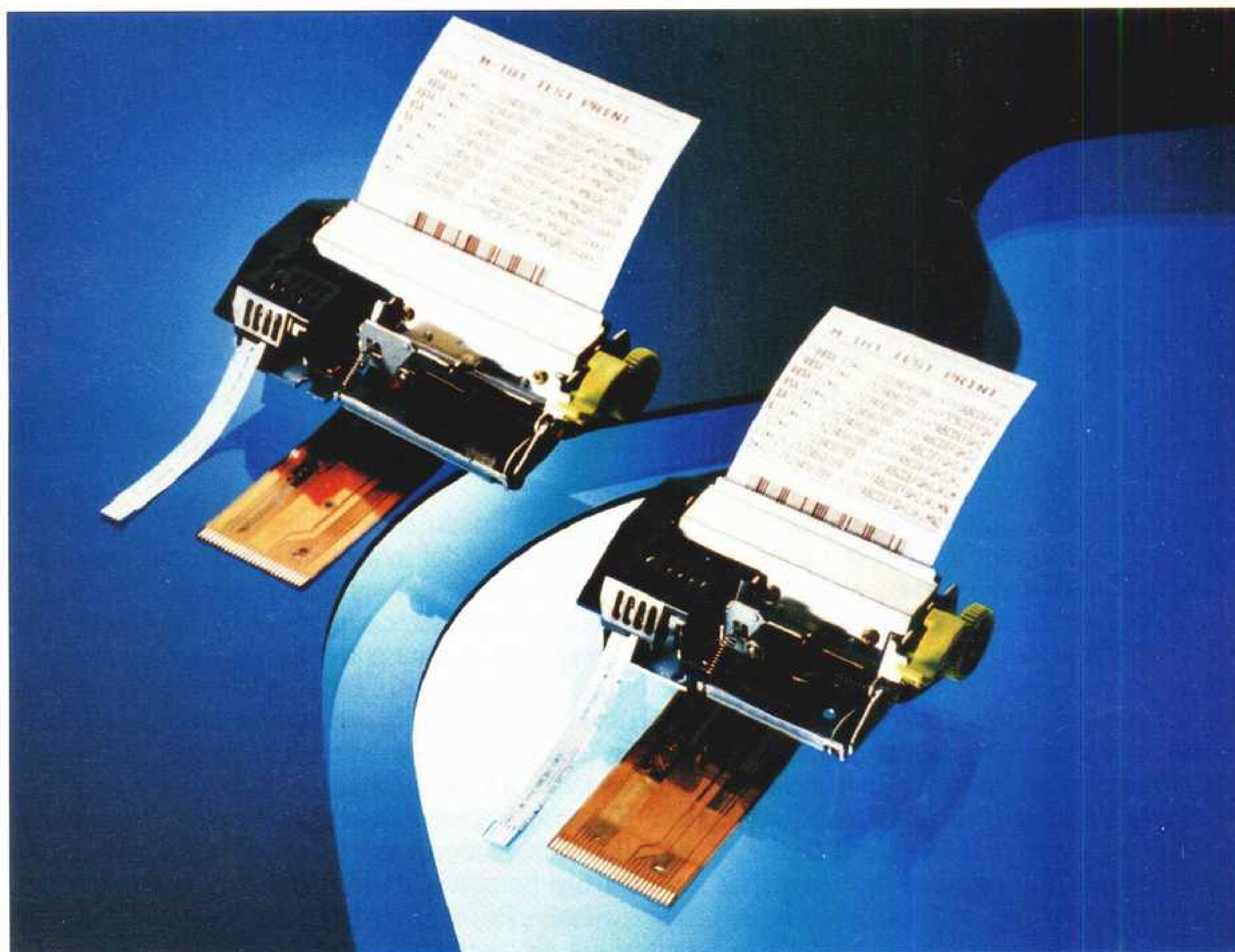
global, presenta LinkBuilder *TP/8*, un hub «entry level» perfecto para redes de pequeñas dimensiones, pero preparado para integrarse en grandes estructuras de red, allí donde surgen problemas de espacio en el armario o se quiere ampliar el cableado sin sufrir complicaciones.
LinkBuilder *TP/8* responde también a las necesidades de conectividad de usuarios de empresas grandes y medianas, que pueden utilizar el mini-hub para incorporar una mayor densidad de puertos allí donde no hay suficientes conexiones para abarcar las conexiones de los usuarios individuales. En entornos con este tipo de estructura, LinkBuilder se conecta a la arquitectura de red mediante una sencilla toma de pared.
LinkBuilder ofrece hasta 8 puertos para cable par con conexiones *RJ-45* y un noveno puerto *BNC* para conexión con la dorsal. Existe la posibilidad de adquirir también un noveno puerto *RJ-45*, situado en la parte delantera del hub, que puede utilizarse en lugar del octavo puerto en caso de utilizar hubs en cascada. El mini-hub de *3COM* ofrece, además, funciones de control basadas en cinco indicadores *LED* que señalan el porcentaje de ancho de banda utilizado en el segmento *LAN* conectado. De esta forma, los usuarios están en condiciones de detectar cualquier exceso de carga que pueda provocar una disminución de las prestaciones.

MECANISMOS DE IMPRESIÓN TÉRMICOS

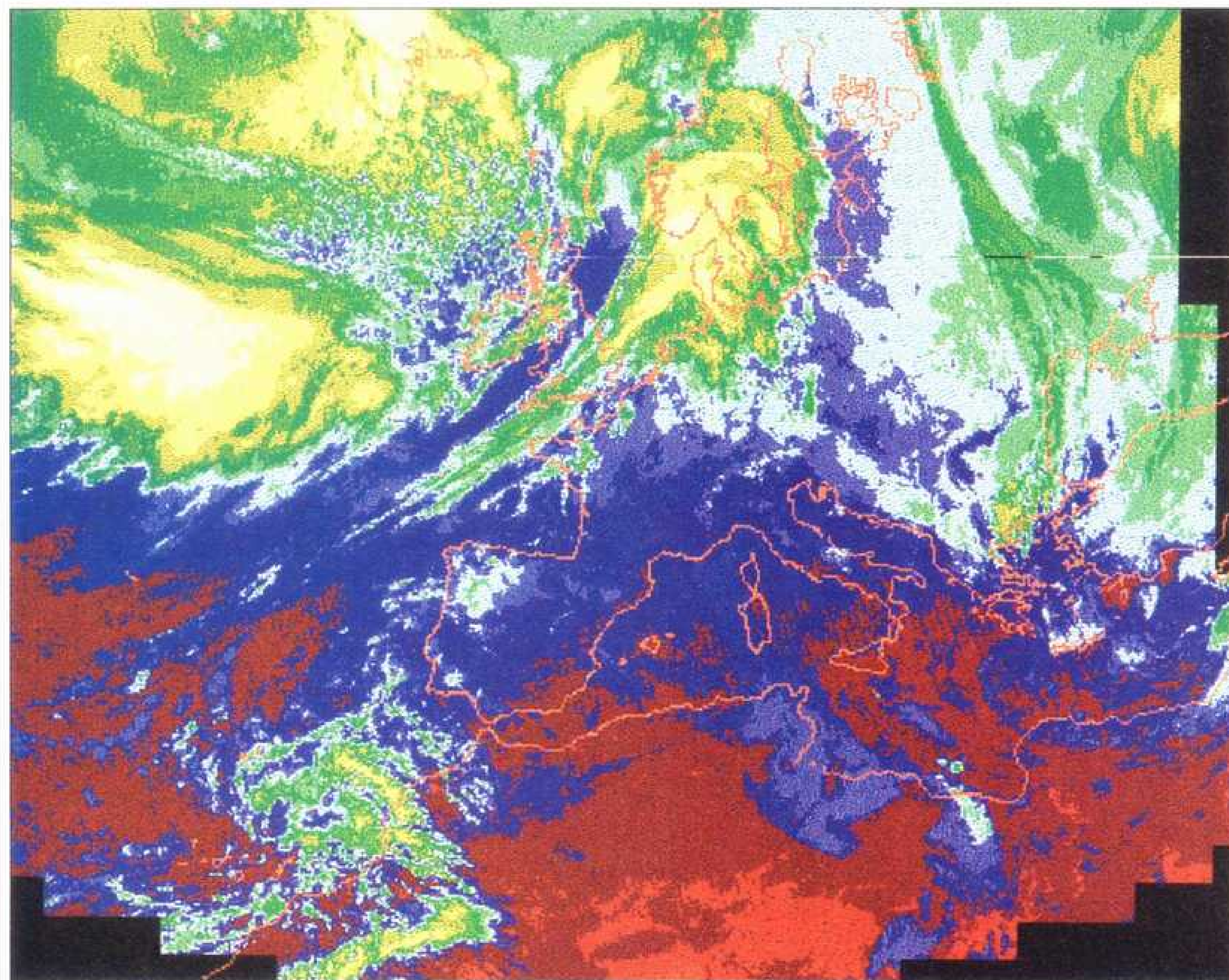
Epson Ibérica comercializa los mecanismos de impresión térmicos de 1 estación *M-T61* y *M-T81*, con los que se introduce en esta tecnología.
En ambos modelos, su diseño compacto, poco peso y alta seguridad hacen muy competitivos estos mecanismos de impresión en múltiples aplicaciones.
Sus características son: velocidad de impresión de 11,8 *LPS*, tensión de alimentación de 24 *V*, fiabilidad de 5 millones de líneas y vida del cabezal 50 km. La anchura del papel es de 60 mm en el caso de *M-T61* y 80 mm en el *M-T81*, que corresponden a 37 y 48 columnas respectivamente.
Estos mecanismos son ideales en aplicaciones de códigos de barras, así como para imprimir tickets de cualquier tipo.

REPOBLACIÓN FORESTAL

La compañía Aviaco y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF España) firmaron un acuerdo el pasado mes de diciembre para poner en marcha un ambicioso programa de repoblaciones forestales, con el fin de contribuir a la recuperación de nuestros bosques. Para poder conseguir toda la participación pública posible, se ha creado un Teléfono Verde, el 906 300 160. A través de él, el ciudadano podrá recibir información y hacer, a través del coste de llamada, una aportación de 500 pesetas como máximo. Actualmente se está realizando la primera de estas repoblaciones forestales en el Parque Forestal de Collserola, Barcelona. Se trata de un espacio natural protegido y el tipo de bosque seleccionado es el denominado «de ribera». Cubriendo una franja de 4,5 km donde las actuales condiciones y cobertura vegetal dificultan la recuperación espontánea del bosque original. Las especies que se están plantando son: álamo blanco, chopo, sauce blanco, sarga, mimbrera, fresno, serbal común, mostajo o peral de monte, aliso y avellano, todas ellas autóctonas y ya presentes en el parque de modo espontáneo.



EL FRENTE POLAR: UN CONCEPTO SUPERADO...



A



QUE TIENE SIETE VIDAS

Desde hace veinte años el frente polar ocupa un primer plano en los boletines meteorológicos televisados, en los manuales escolares y en las enciclopedias. Pero este gran trazo ornado de festones que separa dos masas de aire en conflicto no se ajusta a la realidad. Barrido por una nueva teoría de las borrascas, sus días están contados.

ALAIN JOLY

Aparece una borrasca por el oeste. La presión se desploma: se habla también de depresión (fig. 1). Esta borrasca va acompañada de mucho viento, de lluvia, a veces demasiada. ¿Qué explicación dar a este fenómeno meteorológico frecuente en las latitudes templadas, pero a veces espectacular e incluso catastrófico? ¿De dónde viene esta borrasca? Si busca usted la respuesta en su boletín televisado, los periódicos, una revista científica o, una enciclopedia o el libro de geografía de sus hijos, descubrirá el célebre e insalvable «frente polar», ese gran trazo más o menos ornado de festones, que separa el aire frío del norte en conflicto con el aire caliente del sur (fig. 2). Pero una cosa es actualmente segura, el frente polar no existe y forma parte de las ideas recibidas, a guardar definitivamente en el baúl, aunque muchos textos todavía utilicen este concepto que se remonta a los años veinte. ¿Qué hechos contradicen esta hipótesis? ¿Qué nueva teoría ha desarrollado la meteorología moderna para explicar las borrascas en los últimos cuarenta años? ¿Por qué es tan persistente la antigua representación? Esto es lo que intentaré explicar en este artículo. Pero antes de abordar estos problemas, reconstruyamos la historia y precisemos en detalle en qué consiste este «frente polar». Hay que volver a la situación de la meteorología al final de la primera guerra mundial. Todos los grandes países beligerantes habían puesto a punto, con desigual fortuna, su método de previsión. La preparación de una previsión meteorológica se descomponía, tanto en aquella época como hoy en día, en dos grandes etapas. Después de haber reunido los datos observados de presiones, temperaturas

y dirección del viento, se transportan a un mapa en forma de cifras y de flechas. Se intenta entonces reconocer en este conjunto estructuras características. Un medio consiste en trazar isobaras, las curvas que unen los puntos de igual presión atmosférica. Otro en delimitar las zonas nubosas localizadas por las observaciones. Se dice que se *analiza* el tiempo presente. Más difícil aún, se extrapola luego al futuro el movimiento y las deformaciones de estas estructuras características.

Con objeto de hacer más precisas las previsiones, las exigencias militares de la primera guerra llevaron a los meteorólogos franceses a poner a punto un método notable para su época. En la fase de análisis del presente se insistía en el estado del cielo. Se intentaba reconocer, alrededor de las depresiones, el «sistema nuboso»: los diferentes tipos de cielo se tienen que suceder según un orden conocido (una «cabeza» de nubes elevadas, luego un «cuerpo» de nubes grueso y lluvioso, seguido todo ello por una «cola» de chubascos). En la fase de extrapolación, se partía del trazado de las líneas de iguales tendencias de la presión a intervalos de tres o seis horas y se unían entre sí los puntos con los mismos cambios o variaciones de la presión entre dos medidas de la presión separadas por tres o seis horas. Estas líneas se organizaban en círculos concéntricos que se desplazaban por el mapa según unas reglas matemáticas, ponderadas por la experiencia. Esto llevaba a un mapa de la presión prevista.

Este método tenía más de un punto débil. Uno de ellos se debía a la falta de una relación sólida entre la distribución de la presión y el sistema nuboso. Esta insuficiencia correspondía a uno de los vacíos teóricos de la época: todavía no se conocía la organización espacial exacta de una borrasca.

En este contexto, un grupo de investigadores noruegos sorprendió al pequeño mundo de la meteorología con dos grandes innovaciones. En 1919, Jacob Bjerknes resolvía el problema de la estructura de las depresiones, al menos en la parte próxima al suelo.[1] En 1920, con Halvor Solberg, inventaban no sin audacia el «frente polar», una idea publicada en 1922.[2]

El físico Vilhelm Bjerknes, padre de Jakob, animaba a este grupo. Se había formado en la mejor escuela de física teórica de los años 1890. Decidió dedicarse a la meteorología. En Suecia, luego en Alemania hasta 1917 y finalmente en Bergen, en su país natal, creó a su alrededor un grupo de jóvenes tan hábiles en la reflexión teórica como en la producción de una verdadera previsión.

J. Bjerknes logró obtener a partir de los datos meteorológicos una imagen finalmente clara de la estructura de una borrasca. Halló la relación que faltaba entre las distribuciones de la presión, la temperatura, las nubes y la lluvia en el interior de una depresión. Según su hipótesis, el aire caliente ocupa el cuarto sudeste de la perturbación, rodeado por la parte fundamental de la masa nubosa. Alrededor de este conjunto circula aire frío en el que crecen y precipitan numerosas nubes dispersas a las que corresponden el «tiempo variable» y los chubascos (fig. 2). Sobre todo, Bjerknes estaba convencido del paso *brusco* del aire frío al aire caliente. En el límite, la temperatura parecía cam-

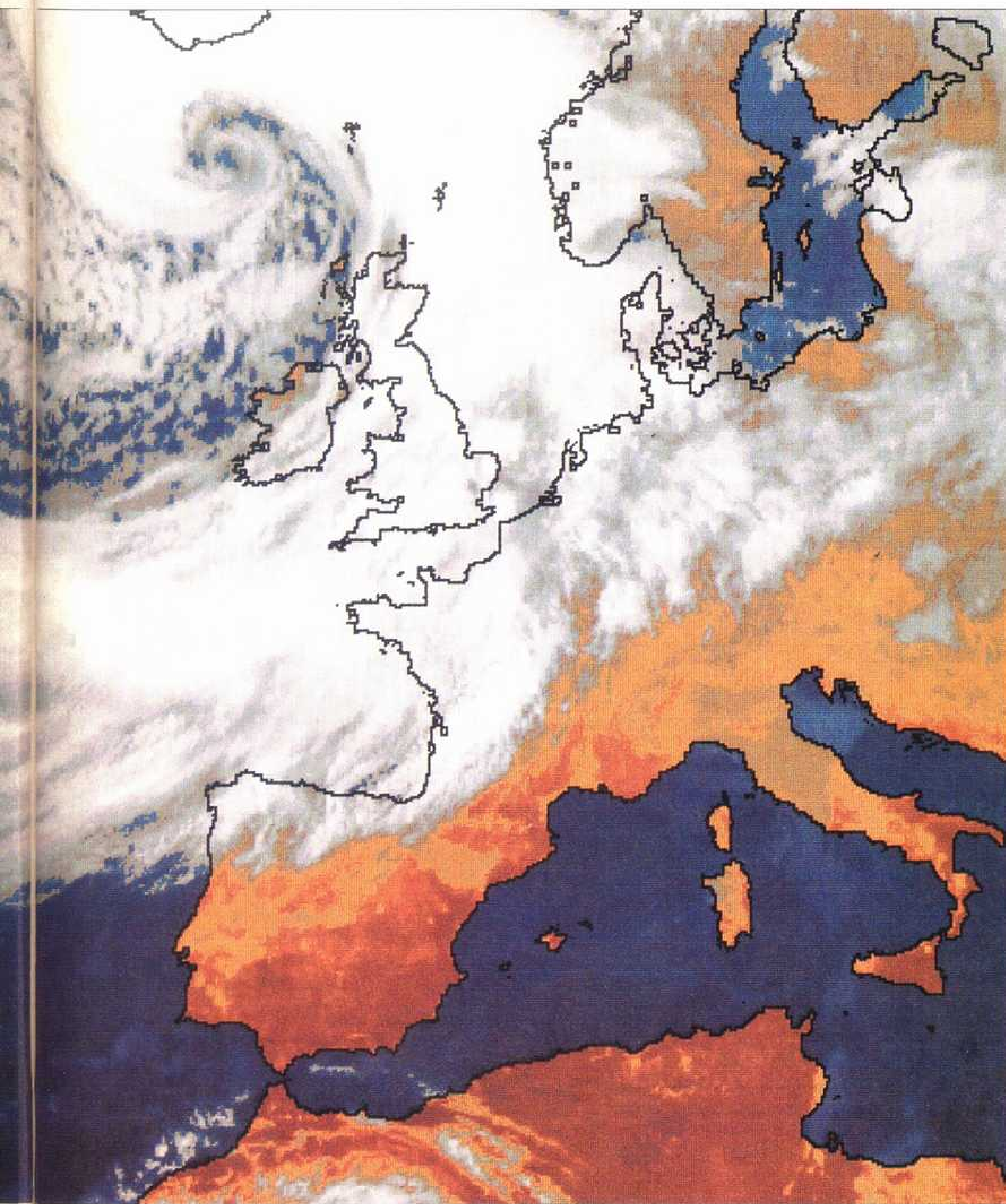


Figura 1. Las borrascas, como ésta del 10 de enero de 1993, ilustrada aquí por imágenes del satélite geoestacionario METEOSAT, figuran en el primer puesto de las causas de «mal tiempo» en nuestras latitudes. A menudo, se explican en términos de conflicto entre aire tropical y aire polar. La línea de contacto entre estas masas de aire muy contrastadas sería el «frente polar». Las fuertes diferencias entre estos dos aires lo harían inestable y esto provocaría la formación de borrascas. Esta concepción se remonta a 1920 y sigue muy presente. Según este punto de vista, las borrascas como la que aparece en B en su estado de madurez se tendrían que representar como perlas —perlas que crecen a ojos vistas— engarzadas en el frente polar. En el borde izquierdo de la figura A se descubre la masa nubosa informe que se convertirá en la hermosa espiral del centro de la figura B: se presenta manifiestamente como un objeto totalmente independiente de la depresión que la precede sobre Inglaterra. (El frente frío de esta última, la fina banda nubosa que se extiende hacia el sudoeste, no llega hasta el paquete precursor de la borrasca del 10 de enero). El frente polar, en efecto, no existe. (Imágenes: Metéo-France, CMS Lannion.)

ALAIN JOLY
es ingeniero meteorólogo en Météo-France, del Grupo de meteorología de escala media del Centro nacional de investigaciones meteorológicas (Toulouse).

biar de forma discontinua. Además, señalaba que las variaciones del viento y las precipitaciones más intensas se concentraban a lo largo de estas estrechas zonas de transición. Resaltó esta coincidencia de fenómenos señalando estas zonas con una línea apretada de puntos e introdujo así la noción de frente. A propósito de esta línea de puntos, se puede hablar de rasgo de genio. En su esquema de depresión tipo hay dos frentes, el «frente cálido» al este y el «frente frío» al oeste, que forman como una línea quebrada en su punto de encuentro en el centro de la depresión. Esta esquematización no se basaba en ninguna teoría sino en una notable síntesis de cientos de mapas, y ponía fin a un debate de más de cincuenta años de antigüedad sobre la forma precisa de las depresiones meteorológicas. De hecho, esta imagen de una depresión en su estado de madurez constituye la parte fundamentalmente correcta del sistema noruego. Sin embargo, este esquema no lo resolvía todo: la distribución vertical de la presión y de la temperatura era completamente hipotética, y las variaciones del viento seguían siendo mal apreciadas. Además, el pasado y el futuro de esta masa madura quedaban por describir. Sin embargo, este enfoque abría una nueva vía.

Entre 1918 y el final de 1920, los Bjerknes, Solberg y el sueco Tor Bergeron afinaron su modelo de la depresión. Intentaban sobre todo insertar este modelo en un escenario de evolución para, a partir de una fotografía tomada en un determinado instante, poder extrapolar en el tiempo. Un caso concreto iba a movilizar toda su atención: la aparición de una nueva depresión en el frente frío de la precedente. Les parecía tener ahí no una borrasca madura, sino el nacimiento de una joven depresión, y el acontecimiento se producía en el frente mismo.

Esta observación accionó un detonador, y el nacimiento del frente polar. El frente cálido y el frente frío de la depresión constituyen —imaginaban Bjerknes y Solberg— dos fragmentos de un frente único (fig. 2). Según ellos, éste preexiste a la depresión. Este frente, denominado polar, se presenta como una discontinuidad única y siempre presente. Separa el aire frío, en el lado del polo, del aire cálido tropical. Se extiende a través de todo el Atlántico e incluso, por qué no, da la vuelta a toda la Tierra. Este frente concentra tales cambios horizontales del viento y la temperatura que resulta inestable, suponían los autores. Era algo que podía explicar el origen de las borrascas: serían el resultado de la amplificación espontánea de las perturbaciones inevitables que agitan continuamente el frente polar por su base (debido a los relieves, por ejemplo).

La hipótesis del frente polar no se basaba en ninguna teoría, ni en numerosos datos, y sólo daba lugar a una previsión cualitativa. Por tanto, constituía

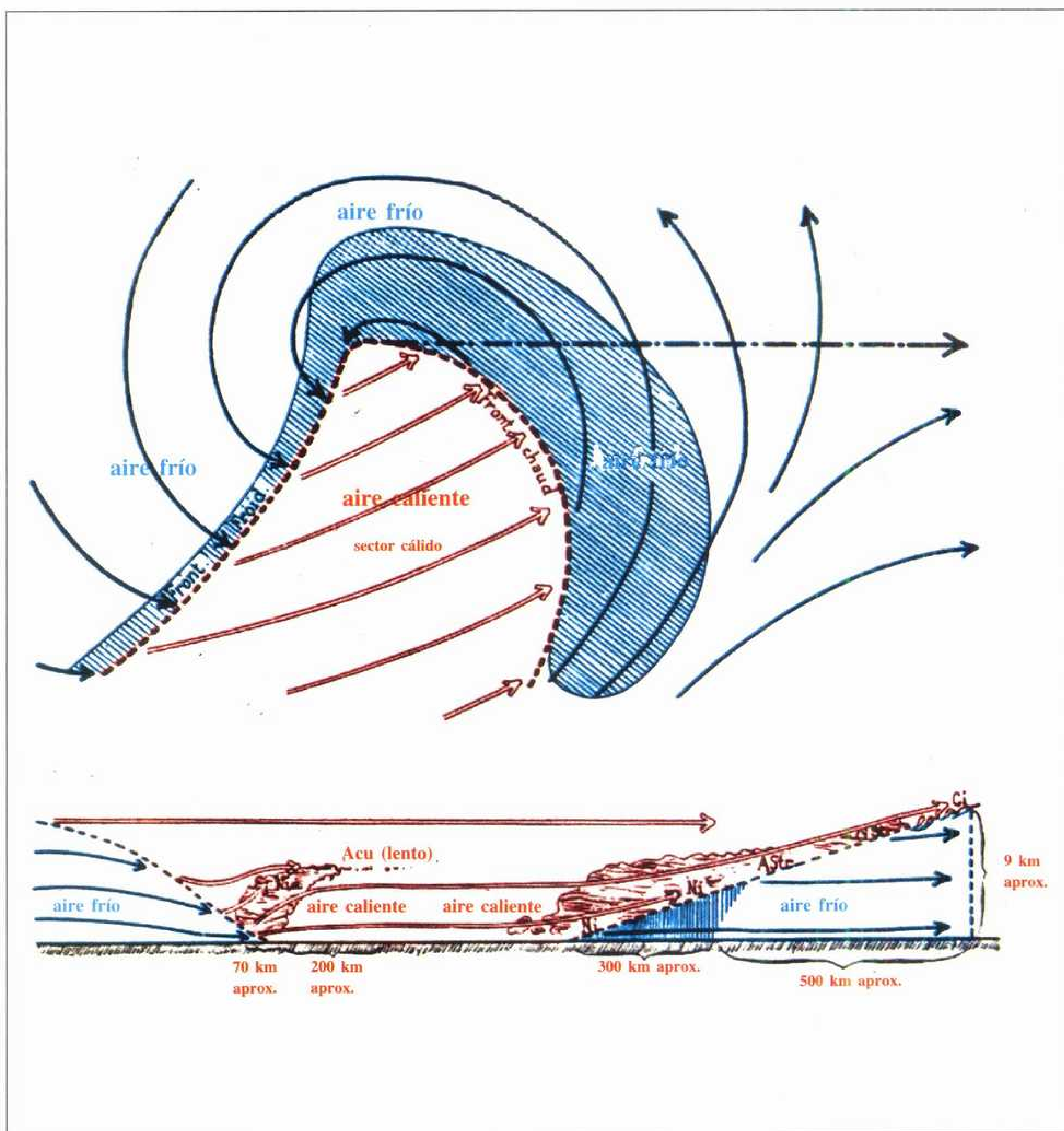


Figura 2. Este esquema muestra la concepción de las depresiones a la que llegó el grupo noruego de Bergen en 1922. Estas figuras se han repetido muchas veces desde entonces. El esquema de la superficie, surgido del estudio de muchos casos, corresponde más bien a la realidad de una depresión en un estado particular de su evolución. Se reconoce en él aire frío al norte y aire cálido al sur, separados por un grueso trazo más o menos ornado de festones. Este trazo representa el «frente» en cuestión. El corte vertical y sobre todo las hipótesis sobre su pasado y su futuro, en cambio, han sido ampliamente discutidos desde entonces. En el corte vertical, el aire frío, en forma de cuchara, coloreado en azul, pesado, empuja, como un bulldozer, al aire cálido, rojo, ligero, húmedo. Precisamente ligero, se eleva (se dice) y de golpe, su humedad se descarga en forma de lluvia. El comentario habitual de esta iconografía tan extendida afirma que las depresiones nacen del conflicto entre el aire cálido y el aire frío. En la actualidad ya no se admite nada de todo esto. (Bjerknes y Solberg, 1922, figura extraída de la traducción francesa efectuada en 1923 por el Office national météorologique.)

una generalización muy audaz y era toda una apuesta. Sin embargo, esta propuesta elegante y coherente provocó la adhesión entusiasta de los especialista en predicción de todos los países. Bastaron menos de diez años. La difusión de este método se efectuó a tal escala que su devenir escapó incluso muy deprisa a sus inventores. Luego, estas ideas se extendieron a todos los medios habituales de la divulgación científica. Se han convertido en inseparables de los textos de meteorología. Esta popularidad es universal.

Consideremos, por ejemplo, la situación en Francia. Los meteorólogos franceses dieron una buena acogida a las ideas noruegas, que sin embargo eran competidoras de las suyas. A partir de 1922, los frentes figuran en el Bulletin Quotidien d'Etude, conjunto de mapas reservados a los profesionales. Finalmente, a partir de 1949, aparecen en el Bulletin Quotidien de Renseignement, difundido entre el público. Este último episodio indica el tiempo requerido por las ideas noruegas para pasar de la investigación punta al estadio de útil descriptivo popular.

Varias razones explican este éxito. Antes que nada, hay que reconocerlo, estos conceptos colmaban una fuerte exigencia de los meteorólogos. Aportaban una síntesis un poco más profunda que, por ejemplo, el sistema nuboso francés y sobre todo mucho más clara, más fácil de explicar. Más importante aún, estas ideas iban acompañadas de todo un conjunto de consecuencias prácticas muy apreciadas que constituían un progreso real. La fase de análisis ya mencionada, ha consistido a partir de entonces en combinar las observaciones de varias variables (temperatura, viento, estado del cielo, etc.) para situar un objeto único. Esto lo distingue de una cartografía variable a variable.

Pero las ideas, por sí solas, no lo explican todo. Una política de comunicación activa, sino agresiva, permitió su difusión. Durante los años veinte, el esbozo de organización meteorológica internacional confió a diversos comités la tarea de estandarizar las observaciones y su transmisión, instituyendo así las bases de la meteorología moderna. Una infiltración ejemplar en estos comités de diferentes miembros del grupo de Bergen permitió la generalización de su concepción de la predicción. En el plano de la comunicación científica, el proceder de los noruegos constituye un caso ejemplar de remodelación profunda de una disciplina. Por ejemplo, para evitar toda larga polémica y cualquier retraso, fundaron su propia revista. Omitían citar a la mayoría de sus precursores, como el físico alemán H.L.F. von Helmholtz y, sobre todo, al meteorólogo austriaco Max Margulles.[3] Este último, por ejemplo, había determinado en 1905, por medio del cálculo, la estructura de una discontinuidad en un fluido en rotación, es decir, un frente.

En resumen, el modelo noruego constituye un éxito innegable en materia de práctica de la predicción. Sus autores, a partir de 1926, dejaron poco a poco de lado la predicción cotidiana. Su formación inicial de investigadores recuperó ímpetu. Su proyecto científico consistió en crear una nueva rama de la física, la dinámica de fluidos geofísicos (la atmósfera, el océano, incluso el manto terrestre).

Esta vez, su éxito fue más modesto. Pero de todas formas efectuaron importantes avances. Un hecho poco conocido es que, entre 1926 y 1937, sentaron las bases teóricas y experimentales... de la refutación del frente polar y de su idea inicial sobre el origen de las depresiones.

Este cambio de situación merece algunas explicaciones. El enfoque naturalista y práctico que hizo célebre el nombre de los Bjerknes se apartaba mucho del proyecto inicial de Vilhelm Bjerknes. Su equipo no se pudo contentar con estos resultados descriptivos y cualitativos. Se dedicaron entoces a demostrar, en el sentido de la física teó-

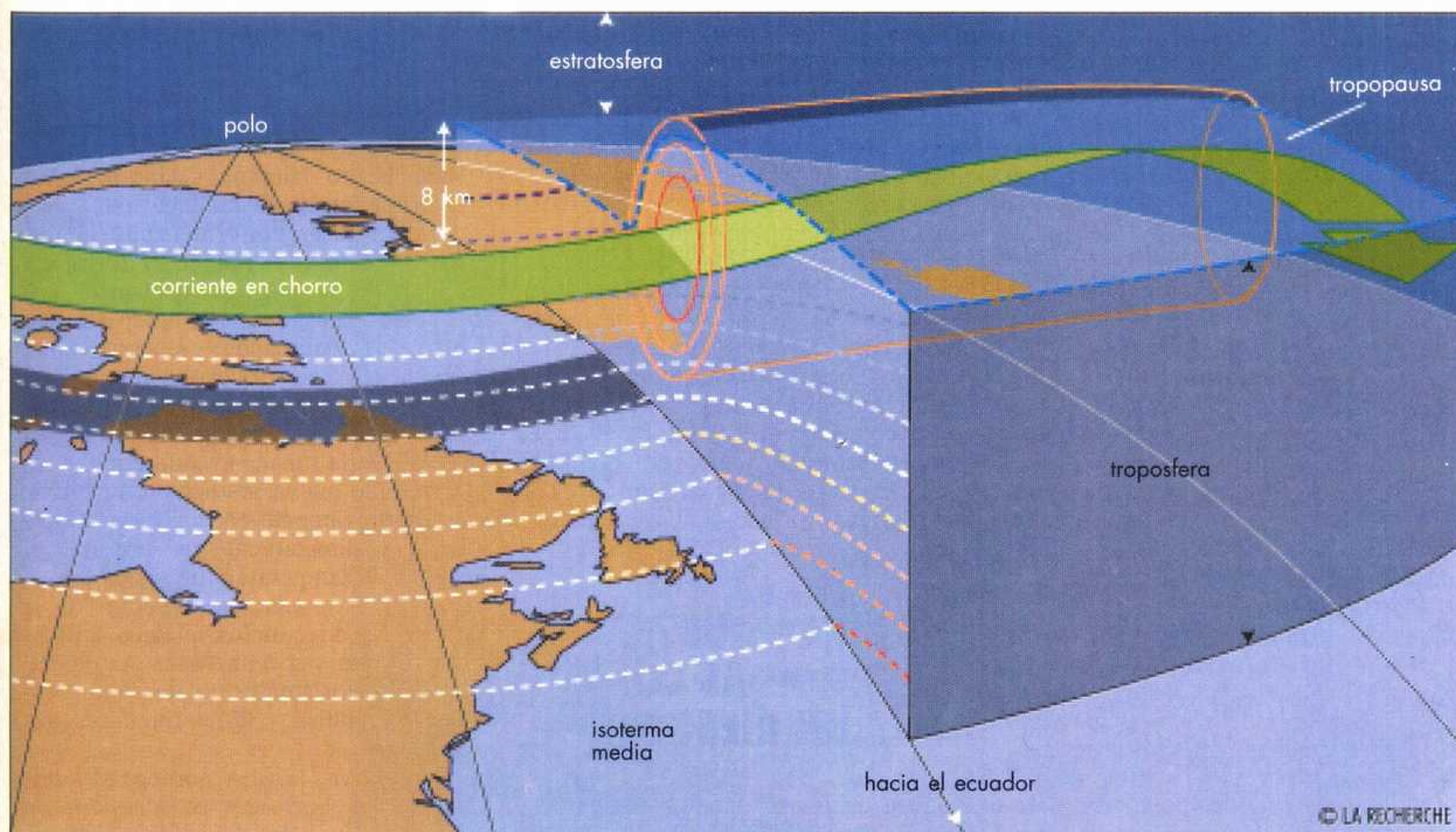


Figura 3. Este esquema muestra la estructura tridimensional media de la baja atmósfera en las latitudes templadas. El hecho destacado es la presencia de una (o varias, según la escuela) corriente(s) en chorro, unos tubos de viento fuerte situados en la interface entre la troposfera y la estratosfera, llamada tropopausa. Bajo el chorro se sitúa el máximo de variación horizontal de la temperatura, del orden de 1 °C cada cien kilómetros. Esta combinación constituye el lecho en el que se forman y evolucionan las depresiones. (No se respeta ninguna proporción entre las dimensiones verticales y horizontales.)

rica, por medio del cálculo, lo acertado de la hipótesis de la inestabilidad del frente polar. De este modo, V. Bjerknes hizo que los meteorólogos aprendiesen el método de cálculo de la amplificación de pequeñas perturbaciones, fundamento del estudio de las inestabilidades en mecánica de estructuras y de fluidos. Se supone que las inestabilidades se presentan inicialmente como anomalías de pequeña amplitud que evolucionan de forma lineal en torno al flujo no perturbado inicial, en este caso el frente polar. La forma de las jóvenes perturbaciones se calcula como solución de un problema de álgebra lineal. Solberg, a partir de 1928, intentó aplicarlo al frente polar.[4] Los cálculos resultaron pronto inextrincables. El enfoque del artículo de 1928 fue retomado en los libros de síntesis escritos por el grupo de Bjerknes en 1934 y 1950. Esta última versión admite que las precedentes contenían errores. En definitiva, el grupo no logró elaborar una solución convincente.

En realidad, el enfoque correcto requería un ordenador. La solución justa, no obtenida hasta 1968 por I. Orlanski, se revela dominada por un tipo de ondas poco compatible con lo que se sabe de las borrascas.[5] Se trata más bien de parientes de las turbulencias que sacuden duramente a los aviones en altura. Estas ondas se distinguen de las borrascas, entre otras cosas, por su fuente de energía. Las borrascas convierten el calor en movimiento, cosa que no sucede con las turbulencias que se deben a variaciones espaciales del viento. Por tanto se puede afirmar que no existe una teoría del frente polar en el sentido de que algunas hipótesis y un poco de matemáticas permitan encontrar una depresión realista que aparezca a lo largo de un frente.

En el mejor de los casos, el frente polar no constituye más que un concepto. Pero incluso éste se tiene que rechazar. En efecto, paralelamente a las dificultades de teorización, el frente polar tampoco se dejaba observar. A lo largo de los años treinta se multiplicaron los lanzamientos de globos con radiosondas. De este modo, los investigadores que tenían acceso a estos datos descubrieron la estructura vertical de la temperatura y del viento entre uno y diez kilómetros de altura. Sorpresa: viento y temperatura no se presentaban tal como exigiría la presencia de un frente polar. Se esperaban variaciones del viento y de la temperatura limitadas al nivel en el que el globo atraviesa el frente, sin mayores cambios por encima, pero se descubría una estructura sistemáticamente concentrada hacia unos diez kilómetros de altura, incluso por delante de un frente de superficie.

La presencia inesperada de una especie de tubos de viento del oeste (que sopla fuerte de oeste a este) constituye el hecho más destacado. Se sitúan hacia diez kilómetros de altura, en el límite inferior de la estratosfera, llamado tropopausa (fig. 3). Se habla de «tubos» ya que se trata se regiones de menos de mil kilómetros de anchura que se extienden con más o menos contorsiones a lo largo de decenas de grados de longitud. Estos tubos se llaman «corrientes en chorro». En un momento dado, existen uno o dos en cada hemisferio, entre 40 y 60 grados de latitud. Situados todos hacia 8-10 kilómetros de altura, pueden coexistir a latitudes diferentes. De este modo los datos indicaban obstinadamente que el viento horizontal varía de forma *continua* y regular, e incluso, que en general aumenta con la altura. Bastante pronto, se comprobó que esta variación vertical continua del viento va acompañada de una variación horizontal media de la temperatura también continua y modesta, un enfriamiento de 1 °C cada cien kilómetros al pasar por, o por debajo, de una corriente en chorro, en la dirección del ecuador hacia el polo. Todo esto cuadraba muy mal con un frente permanente en el que se consideraba que la temperatura variaba varios grados en algunas decenas de kilómetros.

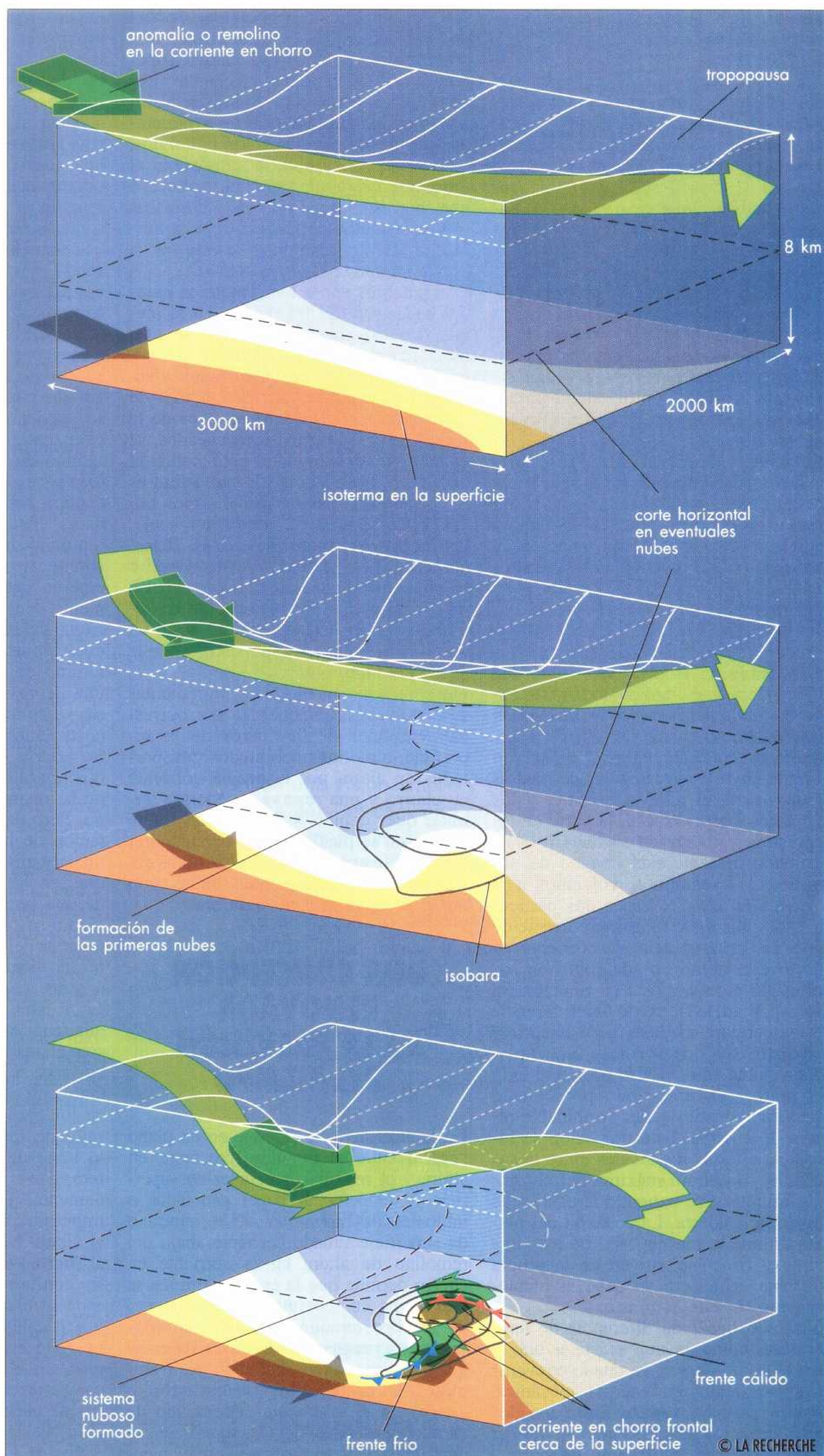
IDEAS NUEVAS PERCIBIDAS COMO UN RIESGO

La fase de interpretación que siguió a la toma de conciencia de estos hechos incontrovertidos —el periodo 1935-1945— tiene elementos fascinantes e intrigantes. Fascina cuando se ve al inventor del frente polar, el propio J. Bjerknes, impulsado por estos nuevos datos, deducir entre 1937 y 1944 la estructura vertical que tiene que tener una borrasca para desarrollarse.[6] Al hacer esto, anunciaba el «nuevo» modelo de formación de una depresión, un modelo... sin frente polar. Muy pronto, el norteamericano Jule Charney[7] así como el inglés Eric Eady[8] elaborarían entre 1943 y 1948 una verdadera teoría que confirmaba lo acertado de esta nueva propuesta. Utilizaron el método de cálculo de estabilidad avanzado por V. Bjerknes, pero partiendo de una corriente en chorro y no de un frente discontinuo. Pero estas nuevas ideas eran percibidas como un riesgo para la calidad de las predicciones meteorológicas y no como una fuente de progreso. Francia ilustra bien el modelo de cambio en la continuidad que constituye la historia de la previsión meteorológica. En los años 1920 se dotó de un método que combina el análisis de los frentes (noruego) y la extrapolación por medio de los núcleos de tendencias de la presión (francesa). En los años 1930, este método combinado proporcionó notables éxitos. La ocupación alemana cortó luego todas las relaciones con la evolución exterior. Esto iba a reforzar la tendencia (general) de la posguerra de no querer tocar demasiado una técnica que había resultado satisfactoria. Entre 1955 y 1965, el progreso consistía en hacer que las observaciones siguiesen un camino cada vez más automatizado. Pero en definitiva, los datos terminaban en los mismos documentos observados por los especialistas en predicción, que los trataban como habían hecho «siempre». Una muy larga formación en la práctica había permitido moldear uniformemente la formación de todo el mundo, y forzaba a olvidar, de pasada, las enseñanzas formales iniciales que, por su parte, seguían evolucionando. Luego, entre 1965 y 1975 se desarrolló un periodo tenso, cuando la muy noble fase de previsión, de extrapolación al futuro, se convirtió ella misma en numérica y objetiva. Esta nueva predicción numérica, basada únicamente en ecuaciones, proporciona directamente la presión, el viento y la temperatura previstos y hace inútil la extrapolación temporal de la presión: pudo con los núcleos de tendencias que permitían esta extrapolación. Pero los frentes polares, indispensables el análisis y la interpretación, resistieron.

En definitiva, la idea noruega del origen de las borrascas se mantiene en meteorología debido a mucha inercia. A falta de otras propuestas se sigue utilizando el simbolismo que la acompaña. Esto sirve de pretexto a la persistencia de los conceptos subyacentes. Esta misma idea noruega se mantiene en la literatura paracientífica, ya que resulta fácil de explicar y de comprender. Se destacan unas nociones térmicas relativamente familiares. Se reduce el fenómeno de las borrascas a una relación entre el aire cálido y el aire frío. Pero la concepción moderna destaca una estrecha imbricación de lo térmico con la mecánica. Su mensaje reclama, por tanto, un pequeño esfuerzo suplementario. En efecto, muchos aspectos fascinantes de la meteorología se deben a la rotación de la Tierra sobre sí misma.

Este movimiento de «arrastre» tiene muchas consecuencias, muy poco intuitivas pero profundas. Así se explica, por ejemplo, que exista, incluso en el seno de una borrasca, un equilibrio que relaciona el viento con la distribución horizontal de la presión. El viento gira

Figura 4. Aquí se ha esquematizado la formación de una borrasca según la teoría actual. El escenario que se ilustra conduce a las borrascas más repentinas y más intensas, como la del 15 de octubre de 1987 y la del 10 de enero de 1993 (véase la figura 1). El estado inicial en A muestra la corriente en chorro con un precursor en altura que llega de atrás, es decir, un remolino que representa la flecha de la izquierda del dibujo.
No hay frentes.
Bajo el chorro está situada una región de variación continua, moderada, de la temperatura. Este remolino puede proceder del resto de una borrasca precedente desaparecida lejos, corriente arriba.
La fase de inicio de la excavación de la depresión de superficie se ha representado en B. El remolino de altura, que llega por el oeste, se transforma en borrasca cuando pude inducir o incorporar un inicio de depresión en superficie. Aparece una nueva depresión un poco corriente abajo del precursor de altura (indicada en la figura por las isobaras). Los movimientos horizontales y verticales que aparecen entonces convierten en viento la energía térmica contenida en el contraste de temperatura moderado asociado al chorro (las isotermas se han aproximado). Este viento así creado permite que se desplacen las masas de aire. Aparecen las primeras nubes en paquetes por encima de la joven depresión.
El chorro se deforma un poco (efecto de amplificación del remolino en altura). La fase de madurez se ilustra en C. El chorro de altura también está muy deformado así como la tropopausa. El remolino de altura y la depresión de superficie se refuerzan mutuamente. Este reforzamiento se traduce aquí en el doblamiento de la flecha en altura. En la superficie, la presión disminuye más y el viento sopla más fuerte en todas partes.
En algunos lugares se refuerza realmente mucho: aparecen auténticos chorros cerca del suelo.
En estos mismos lugares, las isotermas considerablemente apretadas permiten entonces hablar de frentes. Entre la superficie y la altura se ha constituido la espiral nubosa característica.
Si se mantiene la configuración C y el chorro se sigue extendiendo hacia el este, continúa el desarrollo de la borrasca. De lo contrario, se frena o se detiene.



(1) J. Bjerknes, *Geofys. Publikasjoner*, *1*, 1, 1919.
(2) J. Bjerknes y H. Solberg, *ibid.*, *3*, 1, 1992.
(3) R.M. Friedmann, *Appropriating the weather, Vilhelm Bjerknes and the construction of a modern meteorology*, Cornell University Press, 1989.
(4) H. Solberg, *Geofys. Publikasjoner*, *5*, 9, 1928.
(5) I. Orlanski, *J. Atmos. Sci.*, *25*, 178, 1968.
(6) J. Bjerknes y J. Holmboe, *J. Meteor.*, *1*, 1, 1944.
(7) J.G. Charney, *ibid.*, *4*, 135, 1947.
(8) E.T. Eady, *Tellus*, *1*, (3), 33, 1949.
(9) A. Joly y A.J. Thorpe, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, *116*, 525, 1990.
(10) B.J. Hoskins y F.P. Bretherton, *J. Atmos. Sci.*, *29*, 11, 1972.
(11) R.C. Sutcliffe, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, *73*, 370, 1947.
(12) L.W. Uccellini *et al.*, *Mon. Wea. Rev.*, *115*, 2227, 1987.

alrededor de los anticiclones y de las depresiones en vez de ir de los unos hacia los otros.

La teoría actual —la palabra teoría vale aquí su peso en demostraciones matemáticas— también ha atravesado algunas visicitudes. Esto explica, en parte, su lenta progresión. Su historia comienza hacia 1945 y todavía continúa, por ejemplo con intentos de explicar los casos reales que inspiraron a los noruegos en 1920.[9] No obstante, la última etapa decisiva data de 1970. Antes de esta fecha, sólo se comprendía el origen de las borrascas, pero el origen de los frentes seguía siendo un misterio. Veremos más adelante cómo, gracias al inglés Brian Hoskins, se comprende finalmente la formación del frente cálido y del frente frío en el interior de las depresiones.[10]

¿Finalmente, qué se sabe del origen de las borrascas? Digamos en primer lugar que el enfoque moderno no busca un mecanismo universal de génesis de una depresión. Existe una gran variedad de perturbaciones y muchos matices en sus fuentes. Ciñéndonos a las borrascas que vienen del oeste, es seguro que la corriente en chorro de altura proporciona el medio indispensable para su existencia. Además, el viento y la rotación de la Tierra cuentan tanto como las diferencias de temperatura en su evolución. En primera aproximación, se puede comparar una corriente en chorro con un torrente cuyo lecho irregular de piedras y rocas sería el relieve terrestre, y los remolinos que transporta la parte de las depresiones situada en altitud (fig. 4).

Teniendo presente esta imagen del torrente y los remolinos, volvamos a la corriente en chorro. Posee dos particularidades que se le niegan al torrente de agua. En primer lugar, la corriente en chorro está como posada sobre un soporte que a su vez está en rotación (la Tierra). Y además, existe una diferencia de temperatura modesta pero significativa entre sus dos «orillas», y la transición suave entre el aire frío en el lado del polo y el aire cálido por el lado ecuatorial constituye una formidable reserva de energía. Esta transición se reproduce a todos los niveles entre la superficie y la altura máxima del chorro: es profunda y se extiende alrededor de casi toda la Tierra. La rotación del planeta impide la mezcla fácil de los aires cálido y frío, y el origen de la propia corriente en chorro se debe al mantenimiento de este contraste.

Es sabido que toda diferencia de temperatura, como la que existe a uno y otro lado del chorro, se puede convertir en movimiento, en energía mecánica, en este caso en viento. Entre los dos focos de calor se tiene que interponer un motor. Mientras existen, las borrascas constituyen estos motores, diseñados para utilizar la energía térmica disponible en los lados del chorro superando las condiciones mecánicas impuestas por la rotación de la Tierra. Intentemos dar una idea de las condiciones del paso de inofensivos remolinos, que vagan por toda la atmósfera al igual que deambulan por un torrente, a una borrasca. Las mayores borrascas son el resultado del encuentro y la asociación de dos remolinos de este tipo a escala sinóptica (a gran escala).

Dos palabras sobre los remolinos antes del encuentro. Se les reconocen al menos dos orígenes. El primero se asemeja realmente a la aparición de pequeños remolinos en un torrente: efectos del relieve y de otras anomalías de la superficie. Se concentran cerca de la superficie y, si permanecen aislados, se disipan rápidamente, excepto sobre el océano. Además, como la atmósfera es muy poco viscosa a partir de unos pocos kilómetros por encima del suelo, las borrascas aparecidas lejos, hacia atrás, dejan al morir su parte superior en el chorro, que las transporta. Esto proporciona una segunda fuente de remolinos concentrados, en este caso, en altura y que pueden persistir durante mucho tiempo.

He aquí por tanto los tres ingredientes susceptibles de conducir a una borrasca: remolinos débiles cerca de la superficie, remolinos debilitados transportados en altura por la propia corriente en chorro y una reserva de energía térmica que, debido a la rotación de la Tierra, no se puede utilizar de cualquier forma. Si estos tres elementos no se relacionan adecuadamente unos con otros, se ignoran y no pasa nada.

UNA CONCEPCIÓN RENOVADA DE LA PREVISIÓN DEL TIEMPO

En la atmósfera, el defasaje en un plano vertical entre el remolino precursor en altura y el remolino precursor en superficie desempeña un papel generador o inhibidor de movimiento. Un remolino de superficie situado corriente abajo del remolino de altura en la corriente en chorro permite que la energía térmica se transforme en movimiento. El conjunto de los dos remolinos iniciales se convierte entonces en una borrasca (la energía obtenida sirve sobre todo para amplificar los propios movimientos turbillonarios). Si el azar sitúa al remolino de altura por delante del de superficie, se contrarrestan y se destruyen mutuamente. Los remolinos engendran sobre todo movimientos, vientos horizontales que inducen pequeños movimientos verticales del aire. El sentido de estos movimientos verticales, que en cierto sentido acoplan al remolino alto y al remolino bajo, asegura la conversión efectiva de una forma de energía a otra. Azar y oportunidad presiden estos encuentros de remolinos. Además, cuanto más fuerte sopla la corriente en chorro en el lugar del encuentro de los remolinos precursores, más deprisa se transformarán en borrasca: las regiones permanentes de reforzamiento del chorro coinciden con las principales zonas de formación de depresiones, por ejemplo la zona de Terranova en el caso del Atlántico.

En una corriente en chorro muy intensa se pueden formar borrascas de formación más lenta a partir de un solo remolino de altura, lo que confirma una idea avanzada hace tiempo por un escéptico sobre las teorías de inestabilidad.[11] Este remolino induce su propio remolino de superficie, al principio por simple arrastre mecánico del que sólo emerge netamente la parte energéticamente constructiva, es decir, la situada hacia delante. Inversamente, las cosas evolucionan muy deprisa cuanto un remolino de altura atrapa por el oeste a una depresión precedente: este escenario se aplica particularmente a nuestras costas atlánticas (fig. 4).

Se podría esperar que el conjunto de dos remolinos acoplados se amplificase de la misma manera en todo su contorno. Pero de nuevo entra en juego la rotación de la Tierra que, por medio de un mecanismo *no lineal* complejo hace que, en las partes sudoeste y nordeste de una borrasca, ni las isotermas ni el viento se contenten con girar juntas, alrededor del centro. La parte convergente del viento acerca las isotermas unas a otras, cada vez más. Así se forman los frentes en una depresión. Se tiene que tener en cuenta aquí que los frentes son el resultado del crecimiento de la borrasca, y no la preceden. Tienen, por tanto, un aspecto bastante diferente al de los cortes verticales a la antigua. El salto de temperatura no se prolonga a lo largo de toda la altura de la atmósfera. Para mantener el equilibrio fundamental entre viento y temperatura impuesto por la rotación de la Tierra, el viento horizontal se tiene que ajustar al fuerte contraste térmico. Este proceso confiere al viento considerables y espectaculares variaciones horizontales y verticales, mal apreciadas por Bjerknes. De este modo, en un frente aparece, en el mismo lugar que el fuerte contraste térmico, una verdadera corriente en chorro. Situada justo por encima del suelo, provoca los mayores daños de las borrascas.

Y en qué influyen en la previsión del tiempo estas diferentes concepciones? En la actualidad, ésta se realiza por resolución numérica de las ecuaciones de la mecánica de fluidos. Esta resolución tiene en cuenta las montañas, la formación de la lluvia, los intercambios de calor y de vapor de agua con el suelo y el océano, etc. Por tanto, este procedimiento no utiliza ningún concepto. En esta fase de cálculos pesados, no se representan los anticiclones, las depresiones ni los frentes como tales. En cierto sentido se descomponen en elementos simples: viento asociado, temperatura, contenido de agua.

Cuando los cálculos numéricos prevén una borrasca, es al predictor a quien corresponde decidir si acepta o no el escenario propuesto y luego a modificarlo más o menos. Como humanamente no puede rehacer los cálculos, necesita algunos puntos de referencia. En el antiguo marco noruego, se prestaba más atención a las proximidades de la superficie del suelo. Únicamente se tenía una idea de la evolución después de haber detectado un inicio de depresión. El enfoque moderno asocia una borrasca a la interacción constructiva entre dos remolinos en la corriente en chorro. Por tanto, se tiene que poder asociar a las borrascas un remolino situado a unos diez kilómetros de altura, lejos del suelo. En general, este remolino existe antes, mucho antes de la aparición de la borrasca. Esta existencia de elementos precursores, en particular en altura, constituye una gran fuerza potencial de la teoría actual. Hoy en día, se está iniciando un movimiento para sacarle partido. Por ejemplo, se ha puesto al frente del servicio operativo norteamericano a un investigador especialista en los precursores de altura.[12] En otros lugares las cosas se están moviendo. La detección de los remolinos de altura supone además una red de medidas de la temperatura y del viento más precisa y más densa que la red normal. Los precursores se presentan como anomalías de estos campos que no llevan necesariamente asociada una firma nubosa, por tanto, la imagen clásica de satélites ayuda poco. ■

PARA MÁS INFORMACIÓN:

■ G. De Moor y Ph. Veyre, *Les bases de la météorologie dynamique*, École Nationale de la Météorologie, Toulouse, 1991.

■ R.M. Friedmann, *Appropriating the weather, Vilhelm Bjerknes and the construction of a modern meteorology*, Cornell University Press, 1989.

■ R.S. Lindzen et al., (eds.), *The atmosphere - a challenge. The science of Jule Gregory Charney*, American Meteorological Society, 1990.

■ C.W. Newton y E.O. Holopainen (eds.), *Extratropical cyclones, the Erik Palmén memorial volume*, Amer. Meteor. Soc., 1990.

LA LUZ, ESCALPELO DE LAS MOLÉCULAS



¿Cómo determinar el grado de estabilidad de las moléculas, cómo saber si éstas van a reaccionar entre sí o si es posible orientar una reacción química hacia un determinado producto? Con los fotones, partículas de luz, los investigadores alteran o rompen controladamente los edificios moleculares para analizar luego los fragmentos y utilizarlos para la formación de nuevas moléculas. De la luz infrarroja a los rayos X o γ, los autores del presente artículo exponen las numerosas facetas de esta nueva química, que tiene la precisión de un escalpelo a escala atómica.

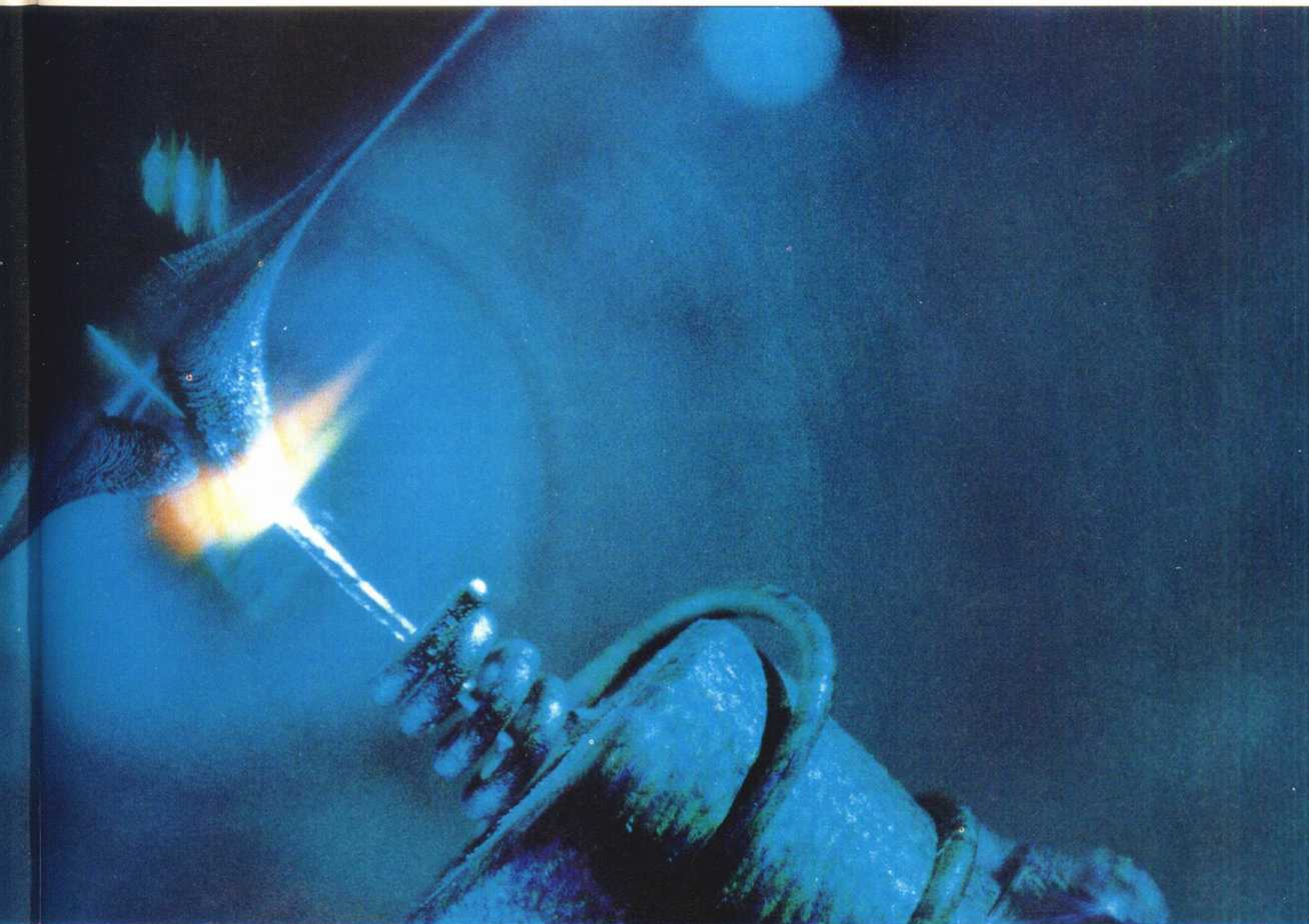
IRÈNE NENNER, ALBERTO BESWICK Y CHRISTOPHE JOUVET

Nadie ignora ya el papel protector que juega el ozono para la vida en la Tierra, que no existiría en su forma actual si los rayos ultravioleta y X emitidos por el Sol llegaran al suelo. Debemos esta coraza extremadamente eficaz a la fragmentación del ozono y el oxígeno por la luz: las moléculas de la alta atmósfera absorben las radiaciones nocivas y se disocian. Otro ejemplo bien conocido de fenómeno fotoquímico natural o artificial es la destrucción de materia biológica por los rayos X o gamma, utilizada en radioterapia. Asimismo, la destrucción por la luz de los nuevos embalajes plásticos constituidos por polímeros fotodegradables resulta de una cadena de reacciones iniciada por un proceso de fotodisociación. Un último ejemplo de aplicación de tales fenómenos es la litografía X de profundidad, que utiliza la capacidad de los rayos X para destruir polímeros en la construcción de sensores, acelerómetros, etc.

Ante los retos que implican estos fenómenos, no es de extrañar que los investigadores lleven tiempo tratando de dilucidar los mecanismos que presiden la fotodisociación y, más generalmente, los procesos químicos en que interviene la luz. En el transcurso de su investigación, se han percatado de que la luz constituye una herramienta para penetrar en los secretos de los agregados moleculares. El modo como se rompen las moléculas bajo el choque de los fotones permite remontarse a los detalles de su estructura. De la energía necesaria para romper la molécula, así como de la manera como ésta se rompe, deduce el investigador la naturaleza de los vínculos que mantienen su cohesión. Estos estudios han recurrido a todo tipo de radiaciones. Fotones infrarrojos de energía bien dosificada hacen vibrar la molécula hasta que se rompe como si fuera un resorte sometido a una tensión excesiva. Un fotón visible o ultravioleta excitará el electrón responsable de un enlace químico hasta un punto en que será incapaz de seguir desempeñando su papel de ligante. Un fotón X arrancará uno o varios electrones de la molécula y provocará su ruptura. A cada gama de longitudes de onda corresponden unos fenómenos característicos y determinadas ventajas para las investigaciones (fig. 1).

A menudo, las moléculas, bajo la acción de la luz, se rompen en varias etapas. A veces, se reestructuran y forman nuevos enlaces. Desentrañar los distintos procesos y su encadenamiento significa, a la inversa, comprender las etapas de la síntesis de tal o cual compuesto. Así pues, más allá de la exploración detallada de la estructura de las moléculas y de sus enlaces químicos, los estudios sobre la fragmentación debida a la luz desembocan en el vasto dominio de las reacciones químicas y sobre todo de sus estadios intermedios. De lo que se trata ahora es de controlar y orientar dichas reacciones. Por ejemplo, la fragmentación inducida por fuentes de radiación perfeccionadas (láser o sincrotrón) se utiliza en aplicaciones muy diversas, algunas de las cuales, como la polimerización o la síntesis asistida por la luz, han tenido ya un gran desarrollo industrial.

Veamos ante todo cómo procede la fotodisociación de una molécula. Los átomos que la constituyen se mantienen juntos gracias a los electrones, cargados negativamente, que constituyen una especie de cemento entre los núcleos atómicos cargados positivamente y les impiden repelerse. El enlace químico resulta de un equilibrio entre dos fuerzas opuestas: la atracción debida a los electrones y la repulsión entre los núcleos.



La acción de la luz puede romper este equilibrio sutil, quebrar los enlaces químicos y fragmentar la molécula.

Para que una molécula se rompa, es indispensable que absorba un mínimo de energía luminosa. No obstante, una vez sentado este requisito básico, la ruptura de un determinado enlace es a menudo un fenómeno complejo precedido por unas etapas de «relajación» en las que la energía inicialmente suministrada es redistribuida en el interior de la molécula. Los modos de romper una molécula son muy variables. Cabría pensar que la energía de fragmentación debe ser aportada por un solo fotón muy energético. Nada más lejos de la realidad. Los fotones de baja energía, como por ejemplo los infrarrojos, pueden acumular sus efectos y provocar la ruptura. Así ocurre cuando la frecuencia de los fotones corresponde a una frecuencia de vibración de la molécula. Como una cuerda excitada por un arco, la molécula entra en resonancia con la luz, absorbe un gran número de fotones, vibra cada vez más y va acumulando energía hasta que se rompe. Este fenómeno fue descubierto en 1973, en Canadá, por N.R. Isenor, de la universidad de Waterloo, y M.C. Richardson, del National Research Council, gracias al láser infrarrojo de CO_2 que suministra impulsos de enorme intensidad (de 10 a 100 MW/cm^2), por tanto, los considerables flujos de fotones necesarios para romper la molécula.[1] Esta técnica ha suscitado un vivo interés, reforzado por la idea de que las moléculas formadas por distintos isótopos no reaccionan de la misma manera al tratamiento. Las moléculas que contienen un determinado isótopo se rompen por efecto de la irradiación; las demás, en cambio, quedan indemnes. Esta observación muy importante permitía presagiar aplicaciones a la tan buscada separación isotópica del uranio.

Partiendo de una mezcla gaseosa de varios isótopos, el método consiste en seleccionar uno solo por medio de reacciones estimuladas por la radiación láser. Así, uno de los procedimientos empleados para la separación isotópica del uranio ^{235}U en una mezcla natural de ^{235}U y ^{238}U se basa en la excitación de la molécula de hexafluoruro de uranio UF_6 por dos láseres, uno infrarrojo para aislar el isótopo buscado en la mezcla (^{235}U) y el otro ultravioleta para disociar la molécula seleccionada. El primer láser está en resonancia con un modo de vibración de $^{235}UF_6$. El punto crucial consiste en que su frecuencia debe estar lo bastante finamente definida para no contener componentes susceptibles de excitar el mismo modo de vibración de $^{238}UF_6$, cuya distancia con respecto al primero, a causa de la diferencia de masa entre los dos tipos de átomos de uranio, es de 20 GHz. En una segunda etapa, la luz del láser ultravioleta disocia las moléculas excitadas, las que contienen el isótopo interesante. Se forma entonces una especie inestable, el radical $^{235}UF_5$, que se polimeriza muy deprisa y produce una nieve cristalina, que es extraída por un separador gas/sólido.[2]

Este procedimiento ha experimentado

Figura 1. En la frontera entre la física y la química, la luz, con todas sus longitudes de onda, es una herramienta que ayuda a los investigadores a desvelar los secretos de las moléculas y de las reacciones entre ellas. Vemos en esta fotografía un chorro de moléculas de yodo I_2 (emitidas por una aguja vertical) irradiadas por un láser de argón (azul-verde), que las disocia en dos átomos. Luego, los átomos son ionizados por la radiación ultravioleta de un sincrotrón (invisible en la foto). Este dispositivo permite estudiar con todo detalle los átomos de yodo producidos. (Foto B. Chauveau.)

IRÈNE NENNER
es ingeniero de investigación en el CEA de Saclay, DSM/DRECAM, servicio de fotones, átomos y moléculas y director adjunto del LURE (Laboratorio mixto CNRS, CEA, MESR), Centro universitario de París. -Sud.
ALBERTO BESWICK
es profesor de física en la universidad de Toulouse y teórico del Instituto de investigación sobre los sistemas atómicos y moleculares complejos.
CHRISTOPHE JOUVET
es director de investigación en el CNRS en el Laboratorio de fotografía molecular de Orsay.

altibajos. Propuesto en 1974 por el equipo de V. Letójov, del Instituto de espectroscopia de Troistsk, en Rusia,[3] para el cloruro de boro, BCl_3, que presenta una cierta analogía con el UF_6, ha sido estudiado en detalle en diversos países (en Francia por el CEA). Luego, el favor de los científicos viró hacia otro procedimiento también basado en los láseres pero que separa directamente los isótopos del uranio en estado atómico; los laboratorios de numerosos países han invertido en el desarrollo de los correspondientes láseres. En Francia, el CEA ha iniciado un programa de investigación con fines industriales sobre el procedimiento atómico a la vez que ha conservado su competencia científica en la disociación molecular; países como el Japón, en cambio, desarrollan simultáneamente ambos métodos: ¡la técnica «molecular» mantiene todavía sus posibilidades!

Al romper las moléculas de un gas, un láser infrarrojo puede conducir también a la formación de partículas sólidas: se trata de un medio eficaz para sintetizar materiales tales como polvos ultrafinos. Los primeros experimentos fueron realizados a fines de los años 1970 por investigadores del MIT, en Cambridge (Estados Unidos), con silano SiH_4 mezclado con amoniaco e irradiado con un láser continuo de CO_2.[4] Se producen así polvos ultrafinos de silicio y de nitruro de silicio, Si_3N_4. El láser funciona como un instrumento de pirólisis potente y rápido, de diez a cien veces más rápido que los sistemas clásicos. El conjunto de reacciones va acompañado de la formación de una llama, a alta temperatura (hasta 1 800 °C), y consiste básicamente en la absorción de varias decenas de fotones y en la progresiva eyección de átomos de hidrógeno. El silicio y sus derivados, por su parte, se encuentran en forma de un fino polvo formado después de la llama y recuperado en un filtro. Este polvo está formado por granos amorfos o nanocristalitos esféricos, de tamaño muy uniforme y no aglomerados. Los polvos de silicio y de nitruro de silicio, dotados de una buena aptitud para la sinterización y de posibilidades para reforzar matrices metálicas, forman parte de los «nanomateriales», objeto de intensas investigaciones con vistas a aplicaciones de alta tecnología. El procedimiento de fabricación, actualmente en fase de prototipo de laboratorio en el CEA, ha sido aplicado a mezclas gaseosas o aerosoles; se han sintetizado muchos polvos cerámicos, metálicos y óxidos, con producciones de hasta 100 g/h.[5]

Incluso para la disociación de moléculas simples como la del silano, sin embargo, la imagen de la cuerda de violín que vibra hasta romperse al ser excitada por un láser infrarrojo es demasiado simplista. Una molécula poliatómica tiene un conjunto de frecuencias propias de vibración, llamado espectro de vibración, que es una auténtica «firma» de la molécula. Ciertas bandas, o subconjuntos de frecuencias del espectro, son características de la elongación de enlaces químicos bien identificados. Por ejemplo, la frecuencia de vibración asociada a la elongación del enlace C-H en un compuesto aromático como el benceno corresponde a una longitud de onda de 3,3 µm, mientras que la de un enlace C-O se encuentra en torno a los 5,5 µm. Es tentador sincronizar la longitud de onda del láser de excitación con una vibración particular para romper este enlace sin afectar los demás. Pero la naturaleza no es tan fácil de domesticar. Los modos de vibración están acoplados entre sí, por lo que la vibración de un enlace no tarda en desencadenar la de sus vecinas, cosa que redistribuye la energía dentro de la molécula. Esta redistribución se produce en tiempos muy cortos, de unos pocos picosegundos o menos; por ello, la selectividad de la excitación vibracional queda pronto difuminada y la molécula se comporta como si fuera calentada a muy alta temperatura, perdiendo toda memoria del enlace inicialmente excitado. La molécula se fragmenta entonces al azar con ruptura preferencial del enlace más débil de acuerdo con una cierta ley de probabilidad. Por ejemplo, como han demostrado investigadores norteamericanos de la universidad de California, la molécula SF_5Cl irradiada por un láser en resonancia con la vibración del enlace S-F se rompe según el enlace más débil, que resulta ser el S-Cl.[6] No obstante, el grupo de N. Bloembergen, de la universidad Harvard, de Estados Unidos, descubrió en 1981 excepciones a dicha regla: cuando una molécula de SF_6 es excitada por un láser infrarrojo muy cerca de su límite de disociación, la energía absorbida queda localizada en unas pocas vibraciones.[7] Este fenómeno, que ha permanecido largo tiempo inexplicado, ha sido dilucidado muy recientemente por

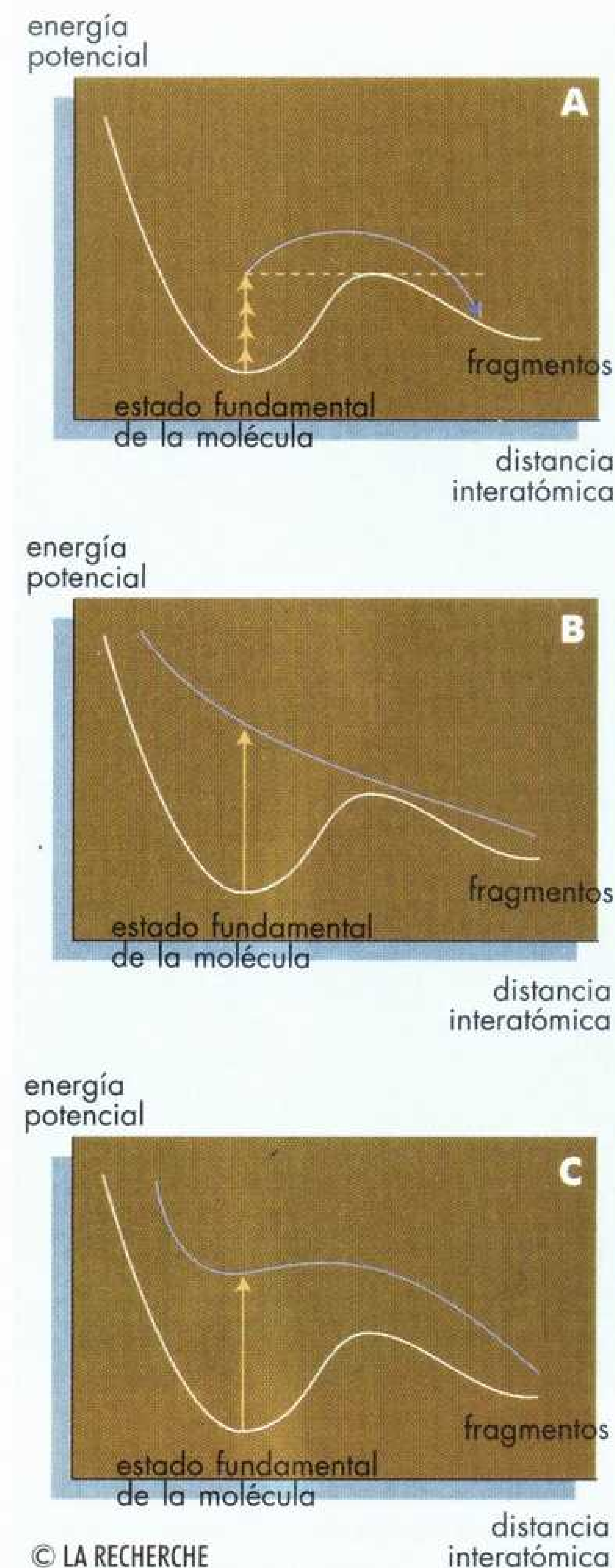


Figura 2. Para predecir la evolución de una molécula sometida a diversas perturbaciones, los químicos recurren a su energía potencial, que depende de la distancia entre los núcleos atómicos. En su estado de reposo, llamado fundamental, la molécula, de acuerdo con un principio habitual en mecánica, adopta una configuración que minimiza su energía potencial. Tan pronto como los núcleos atómicos se desplazan con respecto a esta posición de equilibrio, la energía potencial aumenta como la de un resorte en tensión. Cabe representar la energía potencial en un diagrama en función de las diversas distancias interatómicas. Para una molécula diatómica, el diagrama es simple: la energía potencial depende sólo de la distancia entre los dos átomos. En las moléculas más complejas, el diagrama tiene varias dimensiones y la energía potencial está representada en «hiperespacios». Las superficies de potencial dibujan colinas y valles; como una bola que se desplazara por un relieve, la molécula tiende a ubicarse en los valles más bajos. Pero, como consecuencia de una irradiación de luz, la molécula puede abandonar su punto bajo y moverse hacia otra configuración. Por ejemplo, un paquete de fotones infrarrojos puede dar suficiente energía a la molécula para transportarla desde el fondo de su valle —donde sus átomos están ligados— hasta lo alto de la montaña vecina. Luego, la molécula vuelve a bajar por la otra vertiente hacia un punto que corresponde a átomos mucho más alejados, en nuestro caso átomos disociados (A). Un fotón visible puede también llevar la molécula a otro estado, otra parte del relieve: una pendiente sin valles ni puertos; se trata de un estado disociativo, que lleva la molécula a su fragmentación (B). En otros casos, el estado final presenta un pequeño valle poco profundo unido a un estado disociativo por una especie de puerto: se trata de un estado predisociativo (C). La molécula también acaba por disociarse pero tarda más en hacerlo. Los experimentos bien controlados por medio de la luz permiten apreciar el detalle de este relieve de las superficies de potencial, que condiciona las reacciones químicas.

C. Angelié,[8] del CEA de Saclay, por medio del cálculo detallado de los acoplamientos entre distintos modos de vibración.

Hay un medio para recuperar la selectividad del ataque láser que hace soñar a los químicos: basta que el impulso luminoso actúe antes de que su energía haya conseguido calentar la molécula. Con el desarrollo reciente de potentes láseres, ajustables y de impulsos muy breves —del orden del picosegundo o menos—, como el láser de electrones libres CLIO, ya es posible «apuntar» a un enlace particular y romperlo antes de que sus vecinos hayan tenido tiempo de excitarse. Estas nuevas posibilidades técnicas están reactivando la búsqueda de vías selectivas de isomerización y disociación por la luz y relanzando el interés por la separación isotópica del uranio por vía molecular mediante la excitación infrarroja de varios colores.

La luz visible o ultravioleta disocia también las moléculas, pero de un modo muy distinto a como lo hace la luz infrarroja. Dado que en esta gama de longitudes de onda los fotones son mucho más energéticos, basta uno solo para excitar un electrón de valencia y disociar la molécula. Además, contrariamente a la absorción infrarroja, que sólo se produce para longitudes de onda bien determinadas, la fragmentación puede ser provocada por la absorción de la radiación visible o ultravioleta perteneciente a una amplia banda de longitudes de onda. Hemos mencionado más arriba la disociación del ozono por la radiación solar. La sorprendente eficacia del filtro de ozono, capaz de absorber sin desfallecer la radiación correspondiente a intervalos muy amplios de longitud de onda, proviene precisamente de dicha propiedad. Además, las longitudes de onda más cortas del ultravioleta lejano y de los rayos X «blandos» ionizan átomos y moléculas y también son absorbidas en intervalos muy amplios. Toda la radiación ultravioleta y X «blanda» puede ser absorbida por la capa de ozono.

De acuerdo con la teoría propuesta en 1930 por el británico S.A. Chapman, el ozono es producido en la alta atmósfera a partir de la disociación del oxígeno molecular por la radiación solar de longitud de onda inferior a 180 nm.[9] Los átomos de oxígeno así producidos se asocian con una molécula de O_2 y forman el ozono O_3. Por su parte, las radiaciones de longitud de onda mayor, hasta 290 nm, son responsables de la fotodisociación del ozono. Es este ciclo de formación-destrucción del oxígeno y del ozono el que es perturbado por las moléculas de clorofluorocarbono (CFC) emitidas por los aerosoles y los circuitos de refrigeración. A grandes rasgos, los átomos de cloro de los CFC liberados por fotodisociación reaccionan con el oxígeno y el ozono y tienden a destruir la capa de ozono. El detalle de las reacciones y de su dinámica está lejos de ser bien conocido. Se está realizando un esfuerzo considerable de investigación para dilucidar estos mecanismos fotoquímicos vitales para la humanidad.

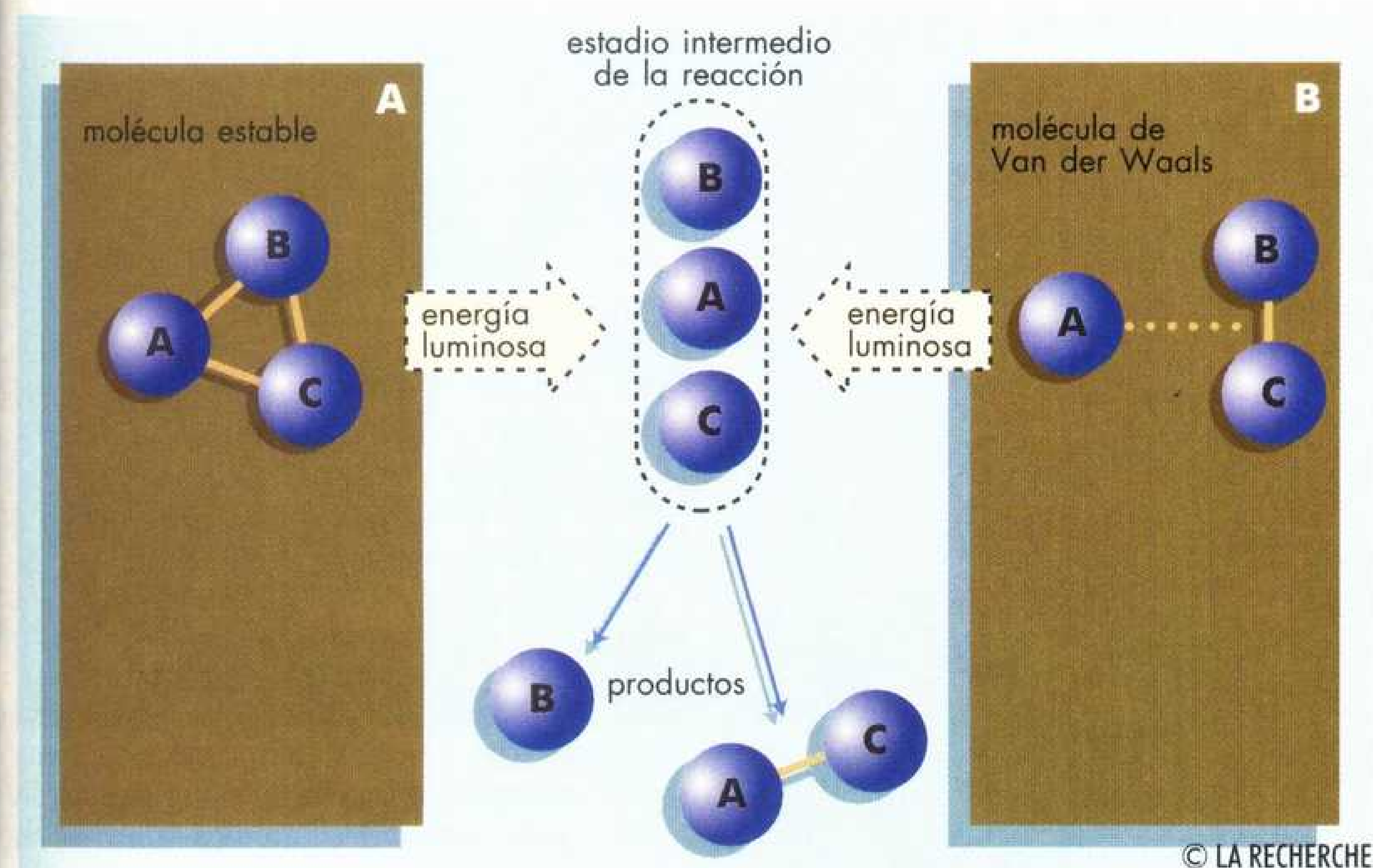


Figura 3. Para estudiar cómo se rompe una molécula química, o cómo reacciona con otras moléculas, se sacude el edificio molecular por medio de una irradiación luminosa. La molécula (A) pasa entonces por un estadio intermedio antes de disociarse. También cabe partir de un estadio distinto, un complejo formado en un chorro molecular enfriado (molécula de Van der Waals, B), que permite controlar mejor el desarrollo de la reacción.

Los mecanismos que intervienen son muy diversos. Después de haber absorbido un fotón visible o ultravioleta, una molécula puede disociarse directamente, en un picosegundo o menos, o pasar por estadios intermedios de «predisociación», en los que sobrevive unos nanosegundos (fig. 2). ¿Cómo dependen de la existencia y propiedades de estos estadios intermedios la naturaleza de los fragmentos, su energía, y la dirección en la que parten? De estas cuestiones, en curso de investigación, dependen la comprensión detallada y el control de los fenómenos fotoquímicos.

En una disociación directa, sin predisociación, las cosas suelen ocurrir de un modo bastante sencillo y previsible. Tomemos el caso de la molécula de agua. Ésta se rompe al plegarse y, como consecuencia, uno de los átomos de hidrógeno es violentamente eyectado mientras que el fragmento OH gira sobre sí mismo por reacción, lo que cabe verificar midiendo la energía de rotación del radical OH. Las disociaciones indirectas son más difíciles de prever porque la molécula, en general, puede tomar bastantes caminos a partir del estadio intermedio de predisociación.

Además, aunque más raramente, la molécula excitada por un fotón visible o ultravioleta puede escindirse en tres fragmentos. Intuitivamente, parece evidente que hace falta más energía para romper dos enlaces que para romper uno. Pero en realidad ocurre a veces lo contrario. El caso de la s-tetracina, de fórmula $C_2N_4H_2$, es particularmente interesante por tratarse del prototipo de una molécula explosiva: la reacción de disociación provocada por la acción de la luz visible desprende demasiada energía, que se convierte en energía cinética de los fragmentos. Un grupo del Servicio de fotones, átomos y moléculas del CEA de Saclay, dirigido por uno de nosotros, efectuó en 1992, en el LURE de Orsay, un experimento con dos colores para estudiar la explosión de la s-tetracina.[10] Un láser visible continuo disocia la molécula y luego la radiación sincrotrón emitida en el ultravioleta lejano ioniza los fragmentos. Recordemos que la radiación sincrotrón, que abarca el ultravioleta y los rayos X, procede de la emisión de electrones o positrones acelerados a una velocidad próxima a la de la luz sobre una trayectoria circular. Tras ionización por la radiación sincrotrón, se analiza la radiación de los electrones emitidos, que revela la energía que tenían los fragmentos. Se ha comprobado así que los productos de la disociación, una molécula de nitrógeno N_2 y dos moléculas de ácido cianhídrico HCN, vibran muy poco pero tienen una gran energía cinética, lo cual justifica cuantitativamente la calidad de explosivo de la s-tetracina. De un modo algo más sutil, un láser permite también diseccionar una reacción química en todos sus de-

(1) N.R. Isenor *et al.*, *Can. J. Phys.*, *51*, 1281, 1973.
(2) M. Clerc *et al.*, *in* H. Maillet (coord.), *Le laser, principes et techniques d'applications*, Lavoisier Tec.& Doc., 1984, p. 197.
(3) R.V. Ambartsumyan *et al.*, *J.E.T.P. Lett.*, *20*, 273, 1974.
(4) W.R. Cannon *et al.*, *PIE, Laser applications in material processing*, *198*, 65, 1979.
(5) M. Cauchetier *et al.*, *L'industrie céramique et verrière*, *81*, 257, 1993.
(6) K.M. Leary *et al.*, *J. Chem. Phys.*, *68*1671, 1978.
(7) H.S. Kwok *et al.*, *Phys. Rev. A* *23*, 3094, 1981.
(8) C. Angelié, *Chem. Phys.*, *98* 2541, 1993.
(9) S.A. Chapman, *Mem. Roy. Meteorol. Soc.*, 103, 1930.
(10) L. Nahon, *al.*, *J. Chem. Phys.*, *96*, 3628, 1992.

talles. Muchas reacciones entre dos moléculas, efectivamente, pasan por compuestos intermedios, cuasimoléculas formadas en el momento en que los reactivos entran en interacción. Los físicos han prestado sus métodos a los químicos para descubrir estos intermediarios a menudo mal conocidos de los que depende el desenlace de la reacción. La idea básica consiste en partir, no de las dos moléculas que deben reaccionar, sino de otra que se encuentra en el camino de la reacción. Por ejemplo, la reacción entre el oxígeno atómico O y la molécula de hidrógeno H_2, lanzados el uno contra la otra en chorros a vacío, no da agua como producto final sino OH + H. No obstante, durante un brevísimo periodo, se produce una cuasimolécula de agua. Para estudiar esta etapa intermedia, se parte del agua y se estudia su disociación por un láser, lo que da los fragmentos OH + H o O + H_2. Se sustituye así el estudio de una reacción química por otro de mayor profundidad, el de las semirreacciones que la componen.

Cuando la molécula intermedia no existe en estado natural, los investigadores han logrado fabricarla en unas condiciones que le permiten sobrevivir lo bastante como para que sea posible manipularla. A tal fin, se recurre a chorros moleculares de gran velocidad donde coexisten las dos especies que deben reaccionar (en vuelo libre dentro de una cámara de vacío). En tales chorros supersónicos, las moléculas se encuentran a muy baja temperatura y tienden a formar unos complejos moleculares en los que ambas especies están muy débilmente ligadas (fig. 3). En 1987, en el laboratorio de fotofísica molecular de CNRS de Orsay, C. Jouvet, M. Boivineau, M.C. Duval y B. Soep[11] pusieron en práctica este método con el par mercurio-hidrógeno, que forma el complejo molecular Hg-H_2 en el chorro. Excitando luego el mercurio con un haz láser, pusieron de manifiesto que la reacción de un átomo de mercurio excitado Hg* con H_2 produce HgH + H. Desde entonces, esta técnica ha sido utilizada en numerosos estudios de reacciones químicas. Hace muy poco, por ejemplo, un grupo del mismo laboratorio acometió la exploración de la oxidación del etileno, una reacción modelo que interviene en muchos procesos de combustión, a partir del NO_2-C_2H_4. Un láser disocia el óxido de nitrógeno y el oxígeno liberado encuentra la molécula de etileno siguiendo un esquema de aproximación muy bien determinado, ya que lo está por la geometría del complejo.[12] Luego, los investigadores sondean la naturaleza y el estado de los productos con distintos láseres, lo que les permite desentrañar todos los parámetros que rigen la reacción, en particular la energía que hay que dar a las reacciones para que superen la barrera energética que lleva al producto final oxidado.



Figura 4. La luz emitida por un sincrotrón, como el del LURE de Orsay, pertenece básicamente a la gama de los rayos ultravioleta y X y permite afectar muy profundamente los átomos. Esta luz suele provocar la explosión de las moléculas y permite completar el conocimiento que cabe recoger con otros tipos de fuentes de radiación electromagnética. (Foto B. Chauveau.)

Señalemos también que, a menudo, los radicales formados por fotodisociación son eyectados con una gran energía cinética. Dichos radicales, al ser muy reactivos, reaccionan fácilmente con las demás moléculas del medio. La fotodisociación, por tanto, es uno de los caminos para iniciar reacciones químicas: por ejemplo, las cloraciones inducidas por la fotofragmentación tienen aplicaciones industriales, como la cloración del benceno en la fabricación del lindano (hexaclorociclohexano), un potente insecticida.

Pasemos ahora de los fotones visibles y ultravioletas a otro dominio más energético, de longitud de onda situada entre 30 y 100 nm, no accesible con las fuentes luminosas usuales. Se trata del dominio privilegiado de la radiación sincrotrón (fig. 4), que abarca precisamente este intervalo. La radiación sincrotrón tiene otra propiedad, la de emitirse en forma de trenes de impulsos de duración inferior al nanosegundo, con tasas de repetición del orden del megahertz.

Cuando una molécula es excitada con esta gama de longitudes de onda, las modificaciones son muy violentas; se expulsa un electrón externo (llamado de valencia) y se ioniza la molécula. El ion molecular puede encontrarse en un gran número de estados distintos que son inestables y en general conducen a su fragmentación.

La fotoexcitación de una molécula en el ultravioleta lejano (de longitud de onda inferior a 30 nm) puede conducir incluso a la eyección de dos electrones de valencia. La repulsión entre las dos cargas positivas dejadas por la partida de los electrones, deja el edificio inestable y tiende a disociarlo en dos fragmentos aislados. Este fenómeno se llama explosión culombiana. En ciertos casos, no obstante, los demás electrones de valencia pueden estabilizar el sistema durante un cierto tiempo antes de que se fragmente siguiendo una dinámica muy distinta a la de una simple explosión culombiana. Por ejemplo, el

ion molecular CS_2^{2+}, formado por absorción por la molécula CS_2 de una radiación de longitud de onda inferior a 46 nm, permanece estable durante varias decenas de nanosegundos. Como demostró en 1986 P. Millié, del CEA de Saclay, en una colaboración internacional, los dos electrones eyectados proceden de los átomos de azufre y no participan en los enlaces carbono-azufre(13) que mantienen el edificio intacto. Sin embargo, una radiación de longitud de onda inferior a 41 nm provoca la eyección de otros dos electrones que sí participan en el enlace; en tal caso, el ion molecular se fragmenta en CS^+ y S^+ y luego explosiona en tres fragmentos C^+, S^+ y S. Estas reacciones se estudian por métodos de coincidencias, en los que se utiliza la correlación entre la llegada a los detectores de dos fragmentos iónicos procedentes de una misma molécula. Cuando se hace variar la energía de los fotones, el umbral de aparición simultánea de ambos fragmentos revela la altura energética de la barrera de fragmentación. Este método, creado por un grupo de Orsay en 1984(14) y luego perfeccionado en 1987 por los equipos británicos de J.H.D. Eland, de la universidad de Oxford, y de L.J. Frasinski y K. Cooling, de la universidad de Reading, permite determinar todos los parámetros que describen la dinámica de la fragmentación de tres cuerpos.

Hasta ahora, nos hemos limitado a considerar una radiación que afecta sólo los electrones externos. No obstante, cuando la molécula es irradiada con una radiación de longitud de onda inferior a unos 30 nm, se empiezan a excitar los electrones de las capas internas. El primer experimento de este tipo fue realizado en 1966 por T. Carlson, en Oak Ridge (Estados Unidos), con un gas de yoduro de metilo CH_3I irradiado por rayos X. Al llenarse la laguna interna creada por la partida de un electrón interno se produce una reorganización completa de la nube electrónica y se expulsan varios electrones de valencia. La molécula ionizada deja de estar ligada y se rompe en numerosos fragmentos eyectados con gran energía cinética. La explosión puede llegar a atomizar el edificio inicial.

Para las exploraciones más finas, se filtra la radiación sincrotrón de tal modo que sólo contenga un estrecho intervalo de longitudes de onda capaz de excitar un determinado emplazamiento atómico. Así ha sido estudiada la fragmentación de la molécula de protóxido de nitrógeno N_2O. Esta molécula presentaba una dificultad especial porque, al ser de la forma N-N-O, los dos átomos de nitrógeno no juegan el mismo papel. Para lograr distinguir en los fragmentos el nitrógeno terminal del central, los investigadores del equipo de P. Morin, de CEA de Saclay, los «marcaron» con variedades isotópicas distintas: ^{14}N (la variedad ordinaria) está en la posición de nitrógeno terminal y ^{15}N en la posición central. Para que la radiación sincrotrón expulse un electrón interno de uno u otro de estos átomos de nitrógeno, se ajusta la longitud de onda de tal modo que coincida con una de las rayas de absorción características del nitrógeno terminal o central; luego, la molécula se fragmenta (fig. 5). Por medio de técnicas de coincidencia y separando las dos especies de nitrógeno con un espectrómetro de masas, los investigadores han logrado identificar todos los caminos de reacción posibles. Han demostrado que, una vez reorganizadas las nubes electrónicas, la molécula excitada se disocia en una sola etapa bajo la acción de las fuerzas repulsivas de las nubes electrónicas situadas alrededor de cada átomo sin intervención significativa de las fuerzas culombianas. Finalmente, la molécula explosiona en tres fragmentos atómicos ionizados, con unas energías cinéticas que guardan el recuerdo del emplazamiento atómico excitado.(15) Al margen de su interés fundamental, tales estudios han sido motivados por la necesidad de comprender los daños causados a la materia por la radiación, por ejemplo la desorción de moléculas confinadas en superficies o los efectos nocivos sobre tejidos biológicos.

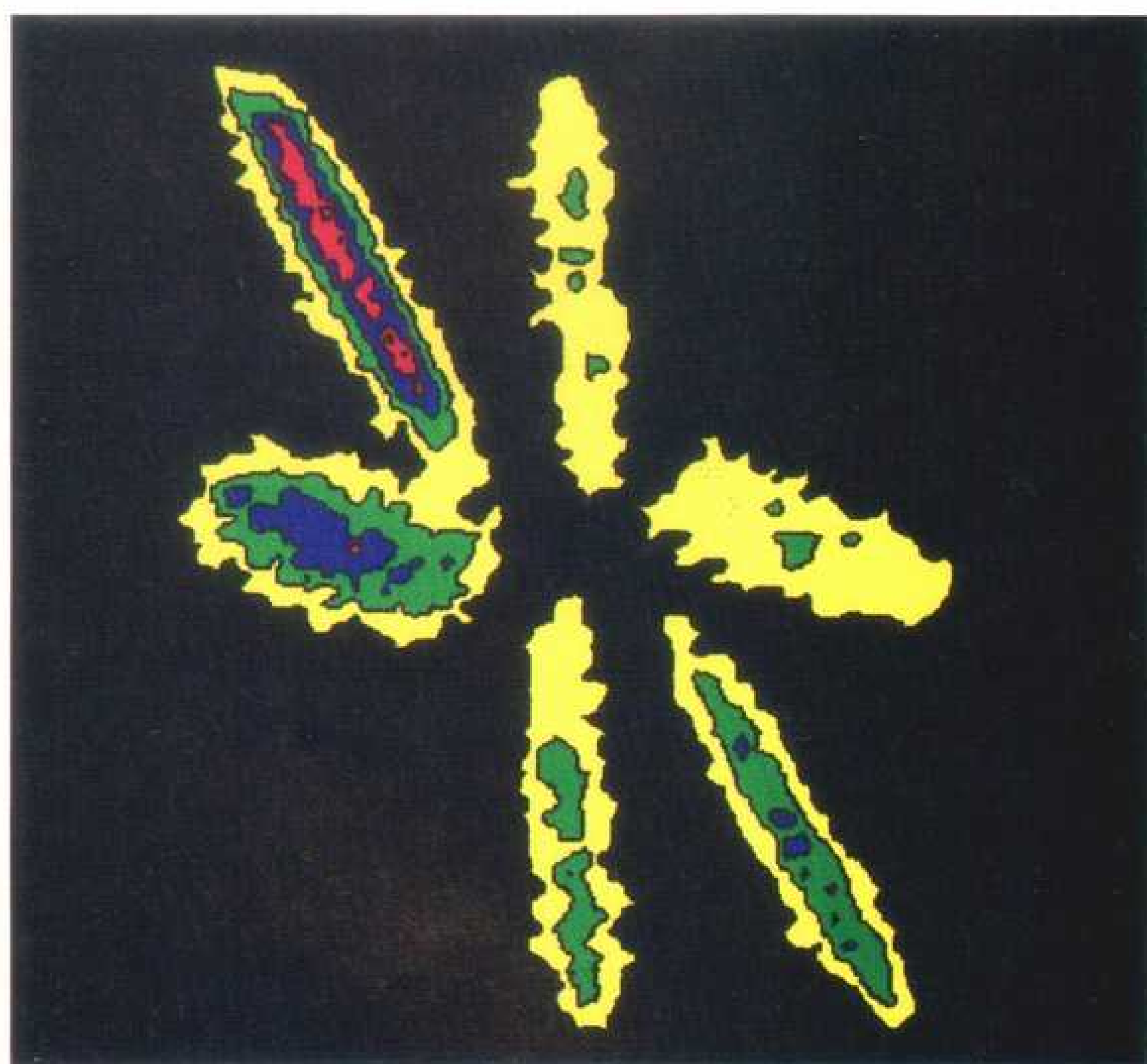


Figura 5. La disociación de la molécula de protóxido de nitrógeno producida por la excitación de electrones profundos del nitrógeno por acción de la radiación sincrotrón es típica en su género. Utilizando las técnicas de detección más modernas (espectrometría de masas y detección en coincidencia), los investigadores han conseguido obtener una verdadera fotografía de la probabilidad de eyección de los fragmentos después de la explosión. Este tipo de experimento es un modelo para estudiar los daños causados a la materia, sobre todo biológica, por las radiaciones ionizantes.

La fragmentación de las moléculas por la luz es, pues, un proceso químico complejo que a menudo implica etapas de redistribución de la energía de los electrones o de los núcleos decisivas para la velocidad global e incluso para el desenlace de la reacción. La aparición de láseres de impulsos ultracortos, de unos pocos femtosegundos (10^{-15} s), a base de luz visible, rayos ultravioletas próximos o incluso rayos X, permite observar ya estos procesos en tiempo real, como si fueran fotografías instantáneas.(16) Cada vez más, los investigadores emplean fuentes de luz de tipo «bomba-sonda», donde la fuente «bomba» excita la molécula y la fuente «sonda» investiga luego el estado del sistema, lo cual permite identificar las etapas intermedias de la reacción y sus productos finales. Todos estos compuestos presentan absorciones en intervalos muy diversos de longitud de onda.

Se puede pensar ya en aplicar estos métodos de fotodisociación a edificios formados en un chorro supersónico, como una molécula rodeada por una jaula de molécula del disolvente —que materializa una unidad elemental de una «solución»—, y observar directamente las etapas de ruptura y formación de enlaces.(17) En la gama de los rayos X, la radiación sincrotrón ofrece la posibilidad de realizar una exploración extraordinariamente precisa de la materia (determinados puntos de grandes moléculas, polímeros o DNA), con aplicaciones biológicas e industriales. Gracias a la luz, está realizándose el sueño de los químicos de controlar la disociación y la reactividad de sistemas complejos de moléculas. ■

PARA MÁS INFORMACIÓN:

■ J.S. Levine, *The photochemistry of atmospheres*, Acad. Press, 1985.

■ R.P. Wayne, *Principles and applications of photochemistry*, Oxford University Press, 1988.

■ Para una bibliografía más completa véase la página 393.

(11) C. Jouvet, *J. Phys. Chem.*, *91*, 5416, 1987.

(12) J.C. Loison *et al.*, *Ber. Busenges. Phys. Chem.*, *96*, 1142, 1992.

(13) P. Millié *et al.*, *J. Chem. Phys.*, *8*, 1259, 1986.

(14) G. Dujardin *et al.*, *Chem. Phys.*, *88*, 339, 1984.

(15) T. Lebrun *et al.*, *J. Chem. Phys.*, *98*, 2534, 1993.

(16) L.R. Khundkar y A.H. Zewall, *Ann. Rev. Phys. Chem.*, *41*, 15, 1990.

(17) Q. Liu *et al.*, *Nature*, *364*, 427, 1993.

LOS MIL Y UN ARDIDES DE LOS MICROBIOS INTRACELULARES

A



A pesar de los progresos de la medicina, las enfermedades infecciosas siguen siendo una de las primeras causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. La frecuencia de algunas de estas enfermedades, como el cólera, la peste (véase en este mismo número «El regreso de la peste»), la tuberculosis, las salmonelas y la leishmaniosis, esto sin mencionar el sida y otras enfermedades víricas, está aumentando. Muchas de ellas están causadas por bacterias y protozoos que, gracias a diversos «ardides», pasan una parte de su vida en el interior de las células del organismo infectado, al abrigo de los anticuerpos que éste produce. Una mejor comprensión de sus estrategias de supervivencia permitirá prever nuevas terapias, concebidas a medida para cada microbio.

DAVID M. OJCIUS, ALICE DAUTRY-VARSAT

Desde tiempo inmemorial, el curso de la historia ha quedado modificado por las epidemias de enfermedades infecciosas. Una de ellas, probablemente el tifus, descrita por Tucídides, el gran historiador de la Grecia antigua, diezmó una cuarta parte la población de Atenas al principio de la Guerra del Peloponeso (siglo V a.C.). Algunas infecciones epidémicas debidas a parásitos, como el paludismo, aceleraron la decadencia del imperio romano;[1] la peste bubónica devastó Europa en el siglo XIV, y la sensibilidad a las enfermedades infantiles, como el sarampión y la viruela, debilitó y desmoralizó a los pueblos amerindios durante las fases precoces de la colonización europea.[2] Todavía hoy, las enfermedades infecciosas representan en el mundo la primera causa de mortalidad.

Hace apenas treinta años, sin embargo, su frecuencia empezaba a disminuir. Altos funcionarios y epidemiólogos anunciaban que en el año 2000 ya no representarían ningún grave problema de salud pública. Sin embargo, actualmente se constata que esta apreciación optimista era injustificada. En los países tropicales, unas quinientas mil personas siguen estando afectadas de paludismo, esquistosomiasis (bilharziosis), la enfermedad del sueño, la enfermedad de Chagas y las leishmaniosis (figs. 1A y B).[3] Estas enfermedades son responsables de la muerte de un millón a dos millones de seres humanos cada año (sólo el paludismo causa más de un millón de muertes). En todo el mundo, seiscientos millones de individuos sufren también diversas enfermedades bacterianas: tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*), lepra (*Mycobacterium leprae*), fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*), infecciones urogenitales y conjuntivitis contagiosas (*Chlamydia trachomatis*), complicadas en ciertos casos con el tracoma, una conjuntivitis contagiosa que es, con la oncocercosis, la principal causa de ceguera en el mundo. Se estima, por ejemplo, que del 30 % al 50 % de la población mundial está infectada por el bacilo de la tuberculosis (9 millones de casos cada año), que ocasiona 3 millones de muertes anualmente (fig. 2).[3,4] Todos estos protozoos y bacterias son capaces de sobrevivir en las células del organismo infectado, lo mismo que los virus. Esto hace que toda la parte del sistema inmunitario que produce los anticuerpos (inmunidad humoral) sea impotente contra estas infecciones. Los anticuerpos pueden disminuir la concentración extracelular de microbios, pero basta que algunos de estos patógenos entren en las

células para que la infección prosiga.
Estos últimos años se han visto marcados, sobre todo, por la epidemia de sida que, desde que empezó en 1981, ha infectado entre quince y dieciocho millones de individuos. Otras enfermedades víricas, como la gripe, las fiebres hemorrágicas y el síndrome respiratorio (HPS) debido a cepas virulentas de ciertos virus (los hantavirus) continúan matando en todos los países. Pero la reaparición general de otras enfermedades infecciosas, debidas principalmente a bacterias o a parásitos intracelulares, es también inquietante. Así, en los países industrializados, reaparecen nuevos casos de la enfermedad del legionario, de salmonelosis, de listeriosis y de tuberculosis (véase «El resurgir de la tuberculosis», *Mundo Científico*, nº 136, junio, 1993).[5]

Son varios los factores que podrían explicar este fenómeno: el aumento de la pobreza, de la mala nutrición y de las precarias condiciones de higiene ligadas a las dificultades económicas en infinidad de lugares de la Tierra, la urbanización creciente del Tercer Mundo, así como las guerras y los desplazamientos masivos de refugiados que éstas conllevan. Se observa también una resistencia cada vez mayor de las bacterias a los tratamientos antibióticos (véase «Esplendor y decadencia de los antibióticos», *Mundo Científico*, nº 143, febrero, 1994). Desde los pueblos más aislados hasta los hospitales más modernos, se propagan agentes infecciosos resistentes a los antibióticos, mientras que antes bastaba un solo antibiótico para atacarlos. Por ejemplo, ciertos tipos de estafilococos, que suelen provocar infecciones fatales en los hospitales, son resistentes a la mayoría de antibióticos. De igual modo, los investigadores observan una propagación importante de neumococos (bacterias extracelulares causantes de neumonías) resistentes a la mayor parte de los antibióticos ordinarios, y en los países industrializados aparecen cepas del bacilo de la tuberculosis multirresistentes. Por otra parte, los antibióticos destinados a atacar los microbios intracelulares son, en general, los mismos que atacan los microbios extracelulares. Su eficacia, por tanto, puede depender de su capacidad para atravesar la membrana de las células.

A lo largo de su evolución de centenares de millones de años, los animales, y posteriormente los hombres, han estado sometidos continuamente a infecciones microbianas. De este conflicto permanente han surgido mecanismos de defensa extremadamente eficaces que nos permiten disponer de un sistema inmunitario perfeccionado, capaz no sólo de impedir la multiplicación de microbios patógenos, sino también de eliminarlos de nuestro organismo (véase «La inmunidad antibacteriana», *Mundo Científico*, nº 120, enero, 1992). Si este sistema funcionara a la perfección, las infecciones microbianas serían pocas y de corta duración. Pero, a su vez, los gérmenes también han evolucionado para escapar a nuestras defensas inmunitarias. Así, la bacteria responsable de la enfermedad de Lyme (véase «La enfermedad de Lyme sale del bosque», *Mundo Científico*, nº 106, octubre, 1990), los gonococos y los tripanosomas africanos de la enfermedad del sueño (*Trypanosoma brucei gambiense* y *rhodesiense*) viven fuera de las células de su huésped (en la sangre, por ejemplo), pero tienen proteínas de superficie que se modifican (variación

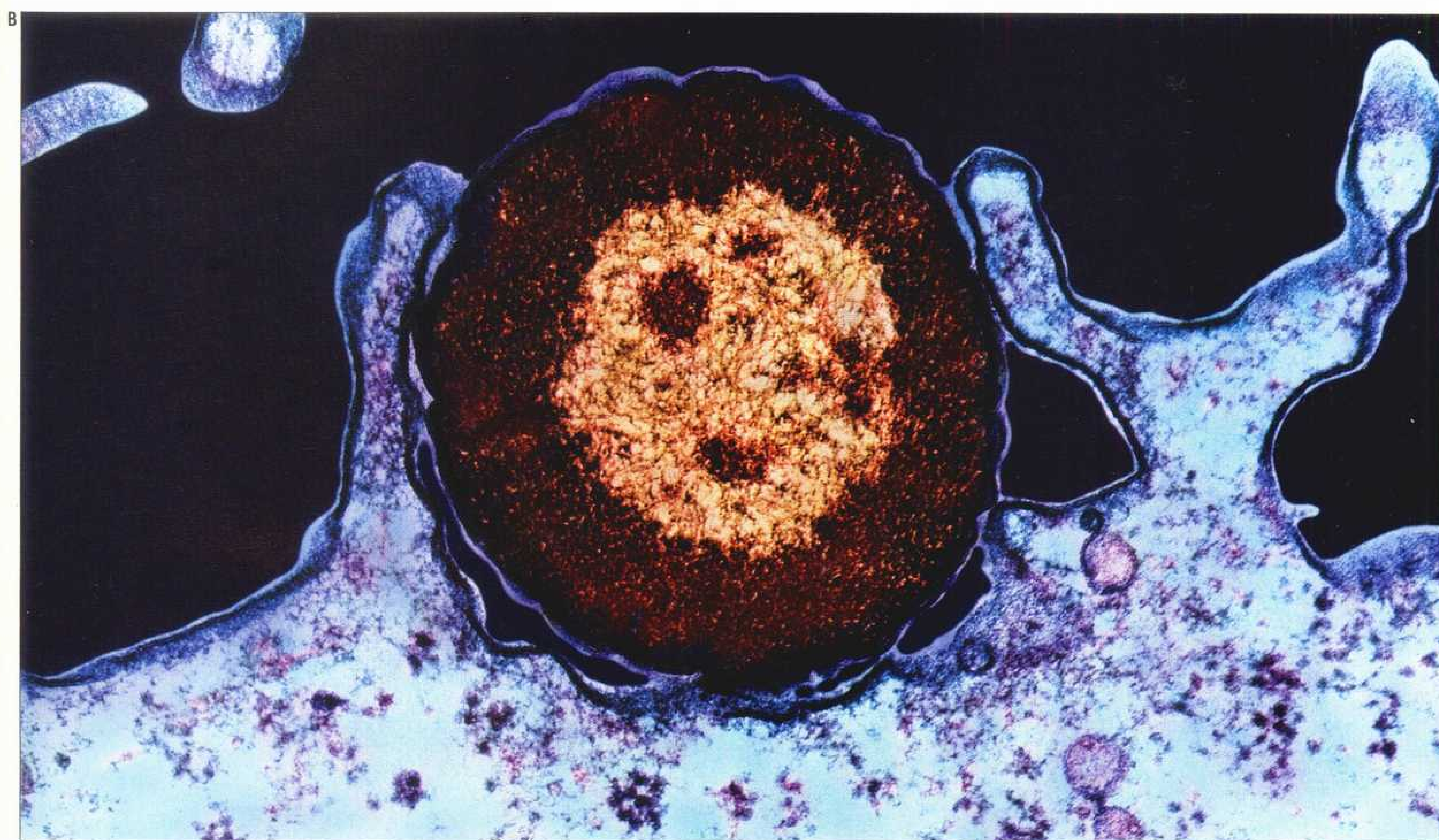


Figura 1. Entre los microorganismos causantes de enfermedades infecciosas humanas, algunos son muy temibles porque consiguen introducirse en las células del huésped y quedar al abrigo de una parte de las defensas inmunitarias. Estas fotografías presentan dos ejemplos. Uno es un protozoo parásito, la leishmania (Leishmania spp.), visto en microscopia óptica (A). El otro es una bacteria, la shigella (Shigella flexneri), vista aquí en microscopia electrónica en una etapa precoz de su entrada en una célula epitelial (B). El estudio del modo en que estos microorganismos penetran en las células y, sobre todo, cómo sobreviven y salen de ellas para infectar otras células, es absolutamente necesario para poder atacarlos y reducir las infecciones por patógenos intracelulares. (Fotos: A, Instituto Pasteur/CNRI; B, P. Sansonetti.)

DAVID M. OJCIUS es investigador en el Instituto Pasteur de París en una unidad de biología de las interacciones celulares.
ALICE DAUTRY-VARSAT dirige este laboratorio.
Ambos estudian los procesos de entrada de las macromoléculas y de los microbios en las células.

antigénica) y les evitan ser reconocidos por los anticuerpos. Hay también otros organismos que proliferan en el interior de las células que infectan (figs. 1A y B). Todos los virus y algunos hongos (*Candida albicans*), bacterias y parásitos eucariotas (de núcleo celular) entran en esta categoría. Un gran número de microorganismos pueden vivir en las células humanas utilizando estrategias comunes. Aquí trataremos solamente de las bacterias y de los parásitos (véase la tabla).

Para los microbios, tal como hemos indicado, la ventaja de residir en las células huésped es evidente: pueden evitar ser destruidos por los anticuerpos del sistema inmunitario. Esto no es así en las bacterias con toxinas (bacilo del tétanos y de la difteria) y de las bacterias que viven en medio extracelular (meningococos, neumococos), contra los cuales sí son eficaces los anticuerpos. Los microbios intracelulares hallan en la célula una fuente de alimentación rica y muy poco explotada, y este medio carente de competencia les permite prosperar. Los patógenos intracelulares pasan la mayor parte de su vida en el interior de las células huésped, y algunos de ellos se han adaptado tan bien a este medio que fuera de él son incapaces de multiplicarse. Así ocurre, por ejemplo en las clamidias del bacilo de la lepra (*Mycobacteriu leprae*) y de la *Rickettsia prowazekii*, causa de una forma de tifus. Sin embargo, el interior de las células es también un medio hostil para los microbios que no están preparados para vivir en él, ya que es rico en vesículas cargadas de enzimas tóxicos. Por consiguiente, los patógenos han de disponer de un medio que les evite ser eliminados. Además, para que la infección se desarrolle, después de haberse multiplicado en la célula, han de pasar a otras células y multiplicarse en ellas. Así, pues, lo más ventajoso para los microbios es que este paso tenga lugar sin necesidad de exponerse a los daños físicos exteriores y, preferentemente, evitando ser detectados por el sistema inmunitario del huésped en el momento en que abandonan una célula para entrar en otra. En conjunto, las soluciones halladas por un gran número especies de bacterias y de protozoos patógenos son muy parecidas.

Muchas bacterias y parásitos utilizan vías de entrada celular análogas a la endocitosis. Este proceso, que sólo existe en las células eucariotas (las que tienen núcleo), permite la penetración en las células de macromoléculas y de partículas externas.[6,7] Éstas constituyen una cadena de transportadores de nutrientes, por ejemplo, la transferrina, que aporta el hierro, pasando por las citoquinas y los factores de crecimiento, y hasta llegar las bacterias. ¿Cómo lo hacen los microbios? Todas las células están rodeadas por una membrana impermeable a las macromoléculas y a las partículas y, por tanto, a los microbios. Ciertos parásitos «derriban la puerta» para participar en el banquete del interior, como si se tratara de individuos que no hubiesen sido invitados. En efecto, entran haciendo un orificio en la membrana plásmica de la célula huésped. Es el caso de los microsporidios, unos protozoos que infectan diferentes especies de animales, incluido el hombre, y que se convierten en esporas durante sus etapas extracelulares. Cuando las es-

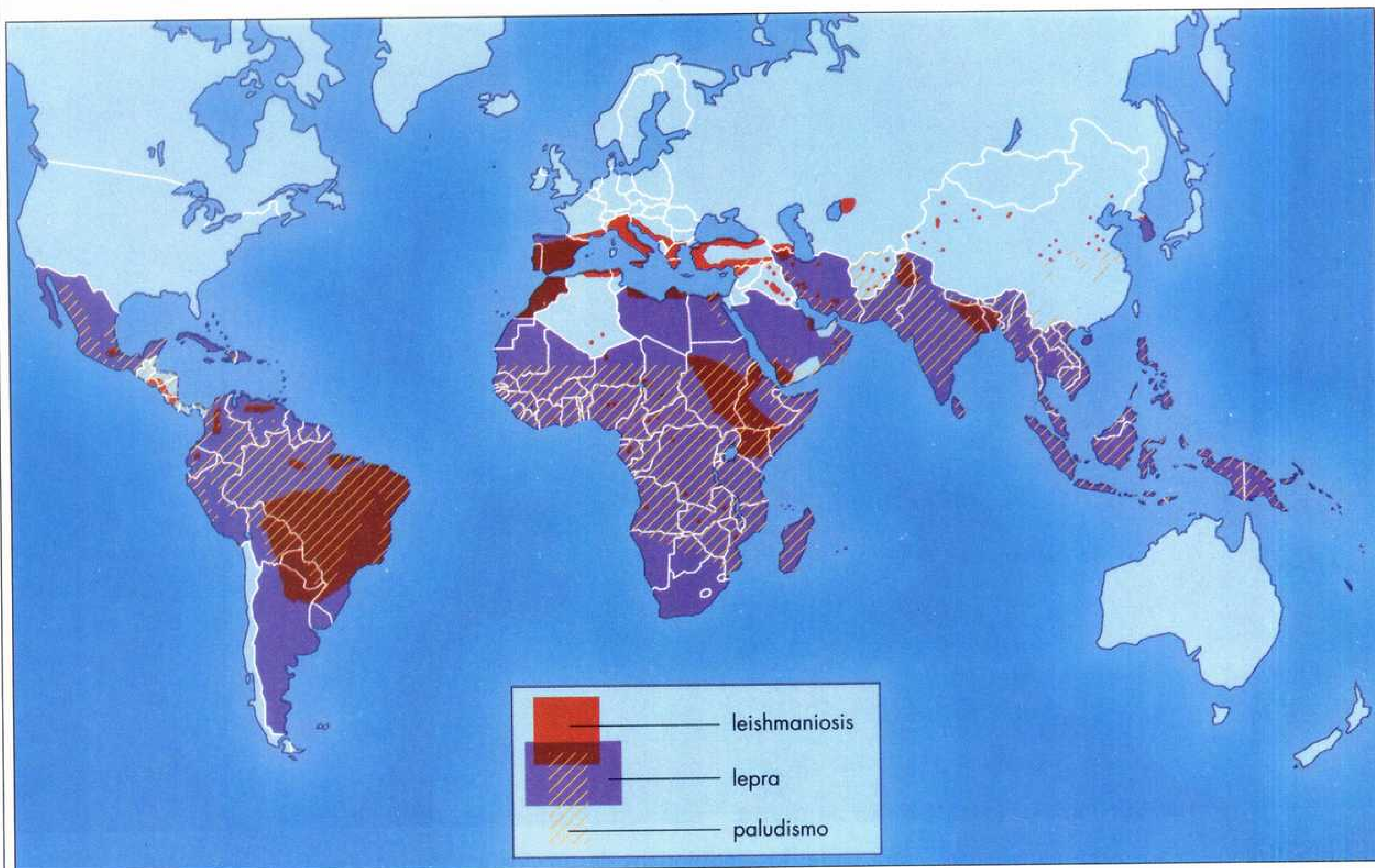


Figura 2. La distribución en el mundo de tres enfermedades infecciosas, el paludismo, la lepra y la leishmaniosis, debidas a patógenos intracelulares, demuestra que estas enfermedades afectan sobre todo a los países en desarrollo. El paludismo, debido a protozoos (Plasmodium spp.) y transmitido por mosquitos, infecta a más de doscientos sesenta millones de personas en un centenar de países tropicales, y origina de uno a dos millones de muertes cada año. La lepra, causada por una bacteria (Mycobacterium leprae) parecida al bacilo de la tuberculosis, afecta entre cinco y diez millones de personas en más de noventa países, sin contar otros tres millones de sujetos considerados curados, pero que conservan las secuelas de la enfermedad. La leishmaniosis afecta a unos doce millones de individuos, de los cuales mueren cada año ochenta mil. La provoca el protozoo Leishmania spp. y es transmitida por unos insectos, los flebótomos. (Fuente: OMS.)

EJEMPLOS DE BACTERIAS Y PROTOZOOS QUE INFECTAN CÉLULAS MEDIANTE FAGOCITOSIS

Bacterias	Algunas células-objetivo*	Enfermedades
Especies de *Rickettsia*		
R. prowarzekii	endotelio	tifus por piojos
R. rickettsii	endotelio y músculo liso	fiebre de las Montañas Rocosas
Coxiella burnetti	macrófagos	fiebre Q, neumonía
Especies de *Chlamydia*	epitelio	
C. trachomatis		tracoma, conjuntivitis y enfermedades sexualmente transmisibles
C. psittaci		ornitosis
C. pneumoniae		neumonía
Listeria monocytogenes	epitelio, macrófagos, hepatocitos	listeriosis, meningitis
Especies de salmonela	epitelio, macrófagos	
S. typhi		tifoidea
S. paratyphi		salmonelosis
S. typhimurium		(intoxicación alimentaria)
Shigella flexneri	epitelio	disentería
Especies de *Yersinia*	macrófagos, numerosas cepas	
Y. pseudotuberculosis		neumonía
Y. enterolitica		diarrea
Especies de *Mycobacteria*	macrófagos	
M. tuberculosis (bacilo de Koch)		tuberculosis
M. bovis		tuberculosis bovina
M. leprae (bacilo de Hansen)		lepra
M. avium		patología pulmonar
Legionella pneumophila (neumonía)	macrófagos	enfermedad del legionario
Protozoos		
Trypanosoma cruzi	macrófagos, células musculares	enfermedad de Chagas
Leishmania spp.	macrófagos	leishmaniosis
Toxoplasma gondii	numerosas células	*toxoplasmosis*

* en esta columna aparecen células huésped posibles tanto *in vivo* como *in vitro*.

poras son estimuladas por señales todavía no identificadas, absorben el agua, y la presión hidrostática aumenta hasta el punto de que las esporas proyectan una especie de «brazo» con el impulso suficiente para hacer un orificio en la membrana de la célula huésped; entonces, el citoplasma y el núcleo de las esporas entran en la célula por este orificio, que se cierra inmediatamente.[8]

No obstante, la mayor parte de los patógenos emplean mecanismos de entrada más sutiles. Se hacen «invitar» por la célula huésped explotando el proceso de endocitosis que utiliza la célula para cumplir funciones fisiológicas normales, como la limpieza que hacen los macrófagos de los residuos celulares resultantes de una lesión tisular. Esta vía de entrada, propia del reino animal, de partículas extracelulares y de numerosos microorganismos se llama fagocitosis (véase la tabla).

A partir de los trabajos del microbiólogo Elie Metchnikov, hace casi un siglo, se sabe que este proceso empieza con la adherencia de una partícula en la superficie de una célula capaz de ingerirla. La adherencia se debe a la interacción, generalmente muy específica, entre moléculas (los ligantes) de la superficie de los microbios y de los receptores de la célula huésped. Estos receptores existen muchas veces por necesidades de la célula, por ejemplo, para «recepcionar» factores de crecimiento o para interactuar con la matriz extracelular; por tanto, los microbios han evolucionado para permitir una interacción que les es favorable. A consecuencia de la adherencia de la partícula extracelular, un pequeño fragmento de membrana plásmica envuelve la partícula, se invagina y luego se encierra y se separa de dicha membrana (fig. 3). Esto da lugar a la formación de vesículas intracelulares, los fagosomas, que están encerrados por una membrana y contienen las partículas ingeridas. Estas vesículas se vuelven ácidas en algunos minutos (pH entre 5 y 6). Los fagosomas se fusionan con lisosomas, otro tipo de vesículas intracelulares ácidas y cerradas por una membrana, que contienen muchos enzimas capaces de degradar azúcares, proteínas y lípidos. De estas fusiones se originan los fagolisosomas, llenos de enzimas de degradación que digieren su contenido. La fagocitosis de un microbio pueden hacerla fagocitos «profesionales», como los macrófagos o los polinucleares. Pero células que habitualmente no fagocitan (fagocitos «no profesionales») pueden llegar a permitir el paso a microbios. En este caso, se dice que los patógenos «inducen» su propia fagocitosis.

CIERTOS MICROBIOS SE HACEN «INVITAR» POR LAS CÉLULAS

El receptor de la célula huésped y la molécula microbiana que se le une (el ligante) están siendo objeto de muchas investigaciones por parte de los parasitólogos y los microbiólogos, ya que estas moléculas representan unos objetivos potencialmente importantes en intervenciones terapéuticas.

Por otra parte, es frecuente que un microbio tenga varios medios de entrada (es decir, varios ligantes) más o menos eficaces. Cuando uno no funciona, emplea otro. Por ejemplo, una de las vías de entrada es la que describió el grupo de Ralph Isberg, del hospital universitario Tufts, en Boston, para la bacteria *Yersinia pseudotuberculosis*, responsable de neumonías. Esta bacteria produce una proteína membranaria de superficie, la invasina, capaz de propiciar no sólo la adherencia a las células de los mamíferos, sino también la entrada en estas células por fagocitosis.[9] En realidad, basta cubrir con esta invasina bolitas de látex o bacterias que normalmente no son invasivas para que las células huésped las ingieran. En el caso de la invasina, el receptor es una proteína, llamada integrina β_1, muy pare-

(1) J.N. Wilford, «Did malaria finish off Rome?», *Int. Herald Tribune*, 28 julio 1994, p. 8.
(2) W.H. McNeill, *Plagues and peoples*, Doubleday, 1976.
(3) Datos de la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 1991-1992.
(4) S.H.E. Kaufmann, «Immunity to intracellular bacteria», *in* W. Paul (ed.), *Fundamental Immunology*, 3ª ed., Raven Press Ltd., 1993.
(5) R.L. Berkelman *et al.*, *Science*, 264, 368, 1994.
(6) A. Subtil *et al.*, *J. Cell Sci.*, 107.12, 3461, 1994.
(7) A. Hémar, *J. Cell Biol.*, *en prensa*.
(8) J.W. Moulder, *Microbiol. Rev.*, 49, 298, 1985.
(9) S. Falkow *et al.*, *Annu. Rev. Cell Biol.*, 8, 333, 1992.

cida a otras proteínas de células eucariotas que intervienen en la adherencia celular y en la interacción entre células huésped y numerosos patógenos, como las leishmanias y la *Legionella pneumophila*. En contrapartida, el ligante, la invasina, se parece a factores de virulencia que se encuentran en otras especies bacterianas.[9]

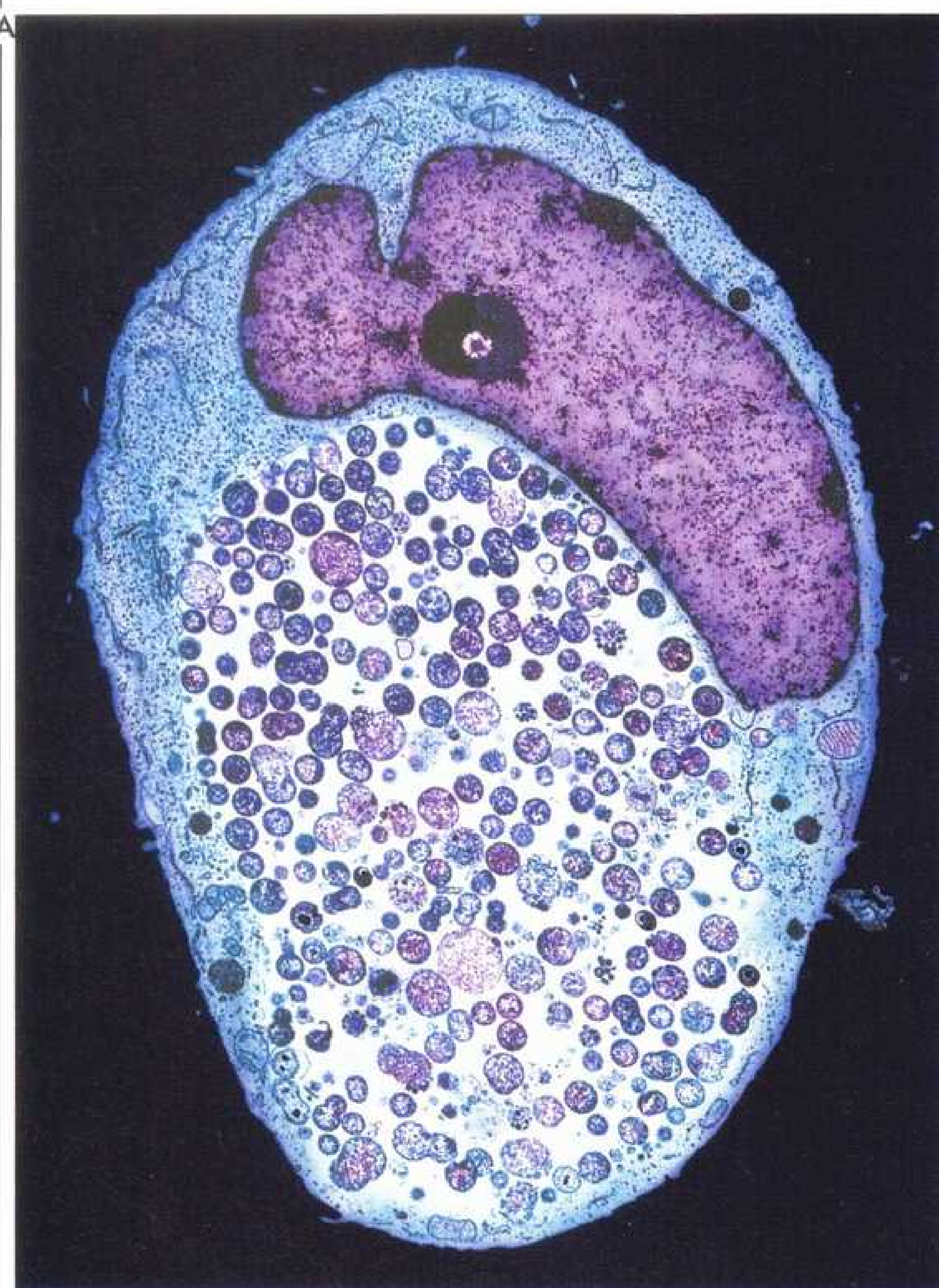
Los plasmodios (*Plasmodium* spp.), unos parásitos que provocan el paludismo, infectan los glóbulos rojos, y sus diferentes especies (*P. falciparum, P. vivax*, etc.) utilizan receptores celulares diferentes (véase «Los plasmodios y los glóbulos rojos», *Mundo Científico*, nº 142, enero, 1994). Esto puede tener repercusiones médicas importantes, ya que el *Plasmodium vivax*, que se une a un receptor del grupo sanguíneo Duffy, es incapaz de infectar a los habitantes de África occidental, que no son de este grupo.[10]

Los microbios han desarrollado varias estrategias para infectar a las células y burlar sus defensas. Las células fagocitarias no profesionales están equipadas con el arsenal ya descrito: fagolisosomas, pH ácido y enzimas lisosómicas que funcionan en medio ácido y degradan la mayor parte de las moléculas biológicas. Las células profesionales producen también peróxido de hidrógeno, radicales superóxidos y otras sustancias extremadamente tóxicas derivadas del oxígeno (metabolitos intermedios del oxígeno), que destruyen las proteínas, el DNA y las membranas de los microbios.

Para hacer frente a estas defensas, ciertos microbios evitan totalmente los lisosomas escapando de los fagosomas poco tiempo después de su entrada para, seguidamente, proliferar en el citoplasma.[11,12] Es el caso de la *Listeria monocytogenes*, una bacteria responsable periódicamente de epidemias de listeriosis en el hombre y en el animal; de la *Shigella flexneri*, causante de disenterías epidémicas; del protozoo de la enfermedad de Chagas; del *Trypanosoma cruzi*, y de la *Rickettsia prowazekii*. Los equipos de Patrick Berche, del hospital Necker-Enfants Malades, y de Pascale Cossart, del Institut Pasteur, de París, demostraron en 1987 que la listeria efectúa esto segregando una proteína, la listeriolisina O. Esta proteína, activa en pH ácido, disuelve las membranas del fagosoma haciendo unos orificios.[13,14] Para ello se vale de dos fosfolipasas, que degradan los componentes lipídicos de las membranas. En efecto, parece que mutantes de *L. monocytogenes* que no fabrican la listeriolisina O llegan a entrar en células huésped, pero son incapaces de proliferar en ellas y permanecen en los fagosomas. Según los estudios de los equipos de Philippe Sansonetti, del Institut Pasteur de París, y de N. Andrews, de la universidad de Yale (New Haven), algunas proteínas aptas para destruir la membrana celular se asocian también a la virulencia de *Shigella flexneri* y *Trypanosoma cruzi*.[11,15] Finalmente, los agentes bioquímicos responsables del escape de la *Rickettsia prowazekii* todavía no han sido purificados, pero podrían ser una fosfolipasa o una proteína que hace orificios en las membranas, como en *T. cruzi* y *L. monocytogenes*, o ambas.[12,16]

En vez de evitar el medio hostil de los fagolisosonas, ciertos patógenos intracelulares se multiplican en él, ya que son capaces de resistir los enzimas lisosómicos. Así ocurre, por ejemplo, en bacterias como las salmonelas (*Salmo-*

A



B

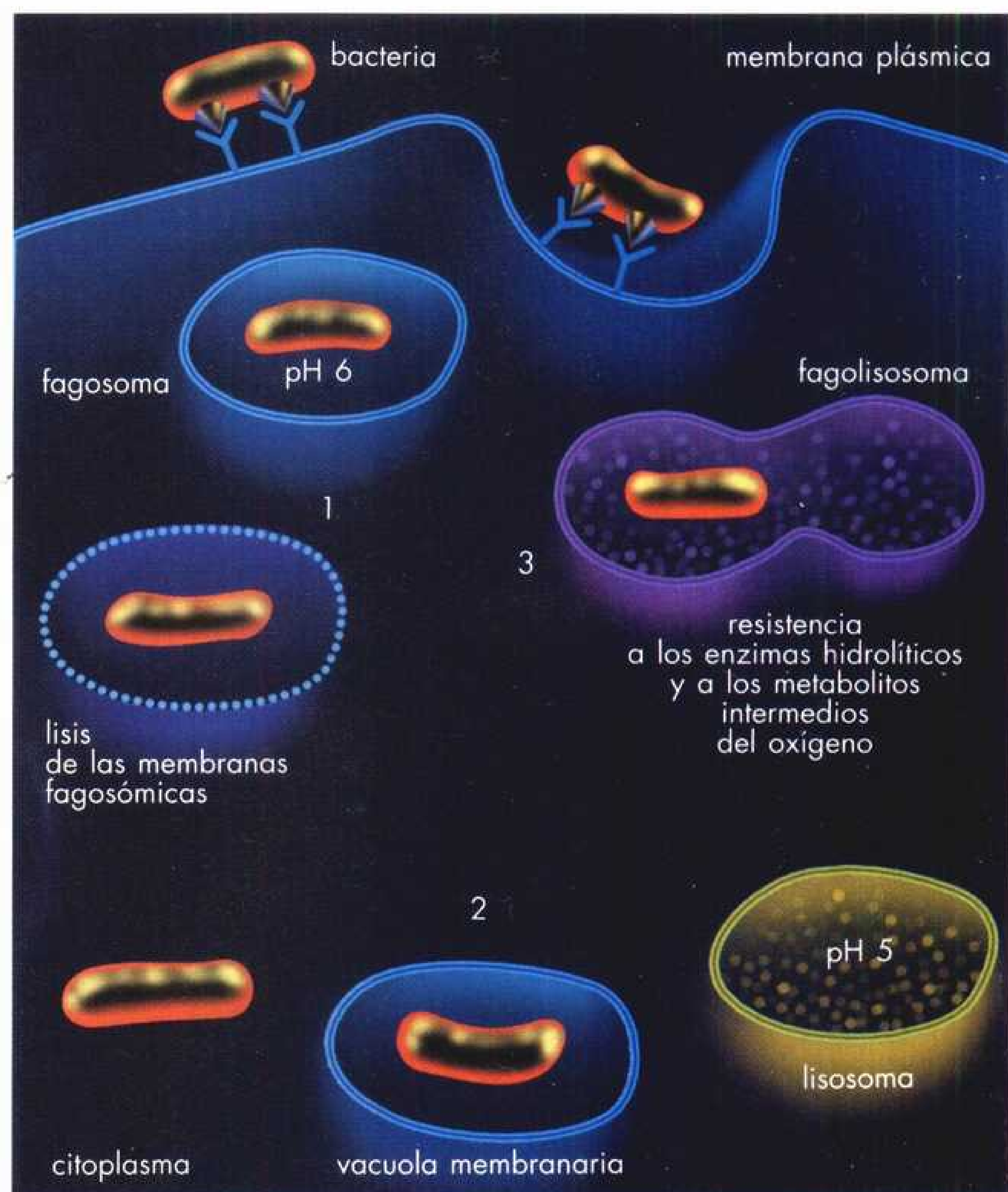
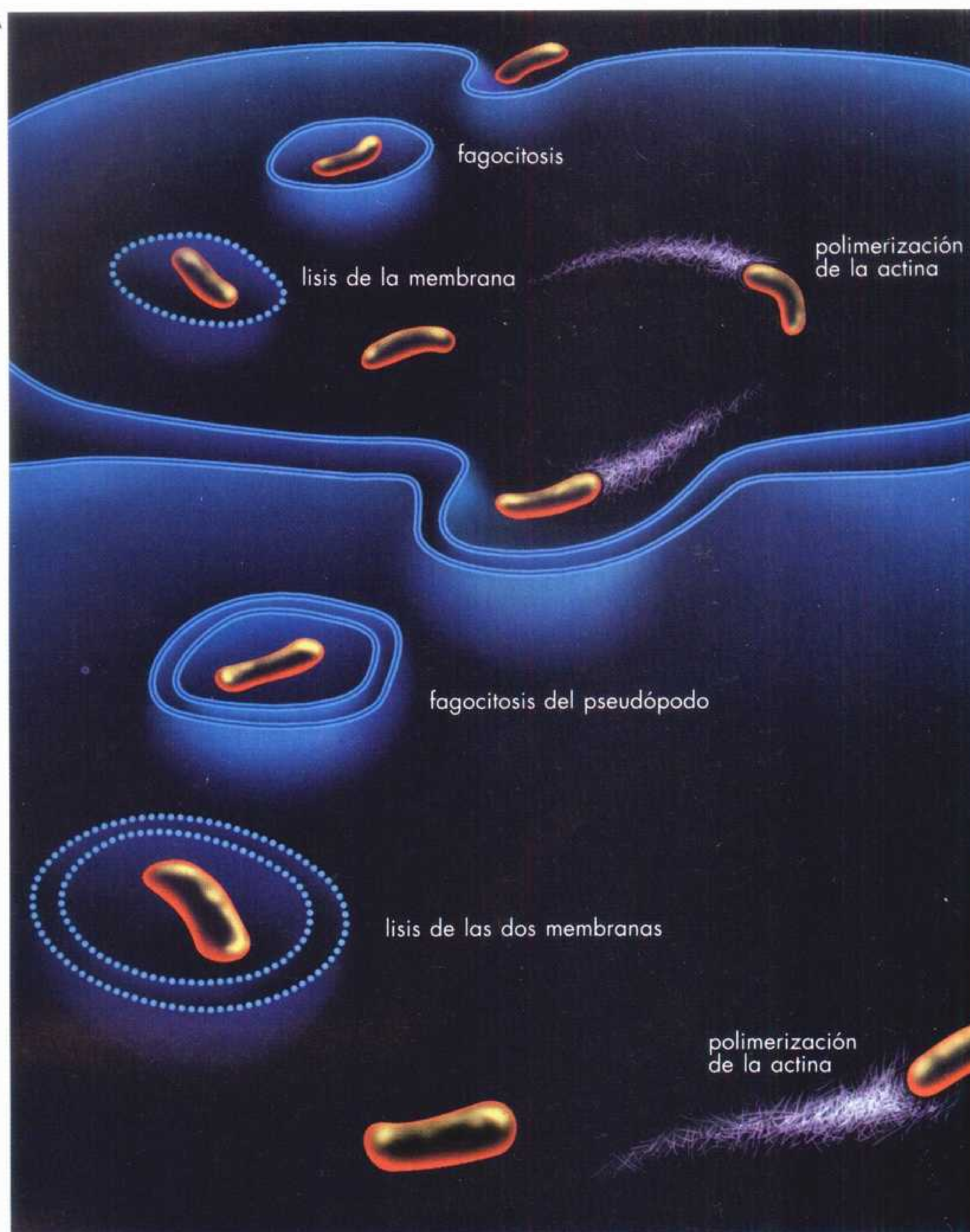


Figura 3. Los microbios patógenos penetran en el interior de las células humanas esquivando, en beneficio propio, la capacidad natural de algunas de estas células, como los macrófagos, para la fagocitosis; ingieren partículas exteriores gracias a la formación de vacuolas: los fagosomas. Una vez en la célula, los microbios sobreviven de diversas maneras. Algunos pueden evitar completamente los enzimas microbicidas contenidos en unas vesículas, los lisosomas; escapan de los fagosomas y, posteriormente, proliferan en el citoplasma (1); otros microbios sobreviven inhibiendo la fusión entre los fagosomas y los lisosomas (2). En esta fotografía en microscopia electrónica se ve, por ejemplo, unas clamidias (pequeñas esferas grises) proliferando en una vacuola celular. La mayoría de los otros microbios tienen superficies resistentes a los enzimas hidrolíticos y a las otras toxinas de los fagolisosomas, o bien segregan sustancias que neutralizan estas moléculas (3). (Foto P. Bavoil, R-C. Hsia y P. Gounon.)

nella typhimurium) y la *Coxiella burnetii*, agente de una infección pulmonar, la fiebre Q. A un nivel todavía más elaborado, ciertas especies de leishmanias poseen una superficie resistente a los enzimas y, además, segregan inhibidores de enzimas hidrolíticos.[17] De manera comparable, algunos microbios que sobreviven en fagocitos profesionales producen moléculas inactivadoras de los metabolitos intermedios del oxígeno.[18] Así, algunos estafilococos y otras bacterias tales como *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* se protegen contra estos metabolitos sintetizando un superóxido dismutasa o una catalasa (véase «La bioquímica del oxígeno», *Mundo Científico*, n.º 111, marzo, 1991). El agente de la lepra produce agentes de poco peso molecular, como los glicolípidos fenólicos, que «barren» los metabolitos del oxígeno reactivos. La *Coxiella burnetti* ha hecho una última adaptación para sobrevivir en medio ácido rodeada de enzimas lisosómicos, y no prospera más que en las condiciones muy ácidas de los lisosomas.[8]

Una estrategia intermedia entre las dos anteriores consiste en impedir la fusión entre los fagosomas y los lisosomas. La emplean, entre otros, ciertas micobacterias (*M. tuberculosis* y *M. avium*), bacterias del género *Chlamydia* y un protozoo, el toxoplasma (*Toxoplasma gondii*). En el caso de la *Chlamydia*, la inhibición de la fusión no se debe a un efecto global de un extremo a otro de la célula huésped. El equipo de P.B. Wyrick, de la universidad de Carolina del Norte, demostró que, en macrófagos que pueden coingerir, por una parte *C. psittaci* —responsable de una infección pulmonar transmitida por el loro y la paloma— y, por otra parte, levaduras o una especie de *Escherichia coli* no patógena, solamente las vacuolas que

A



B

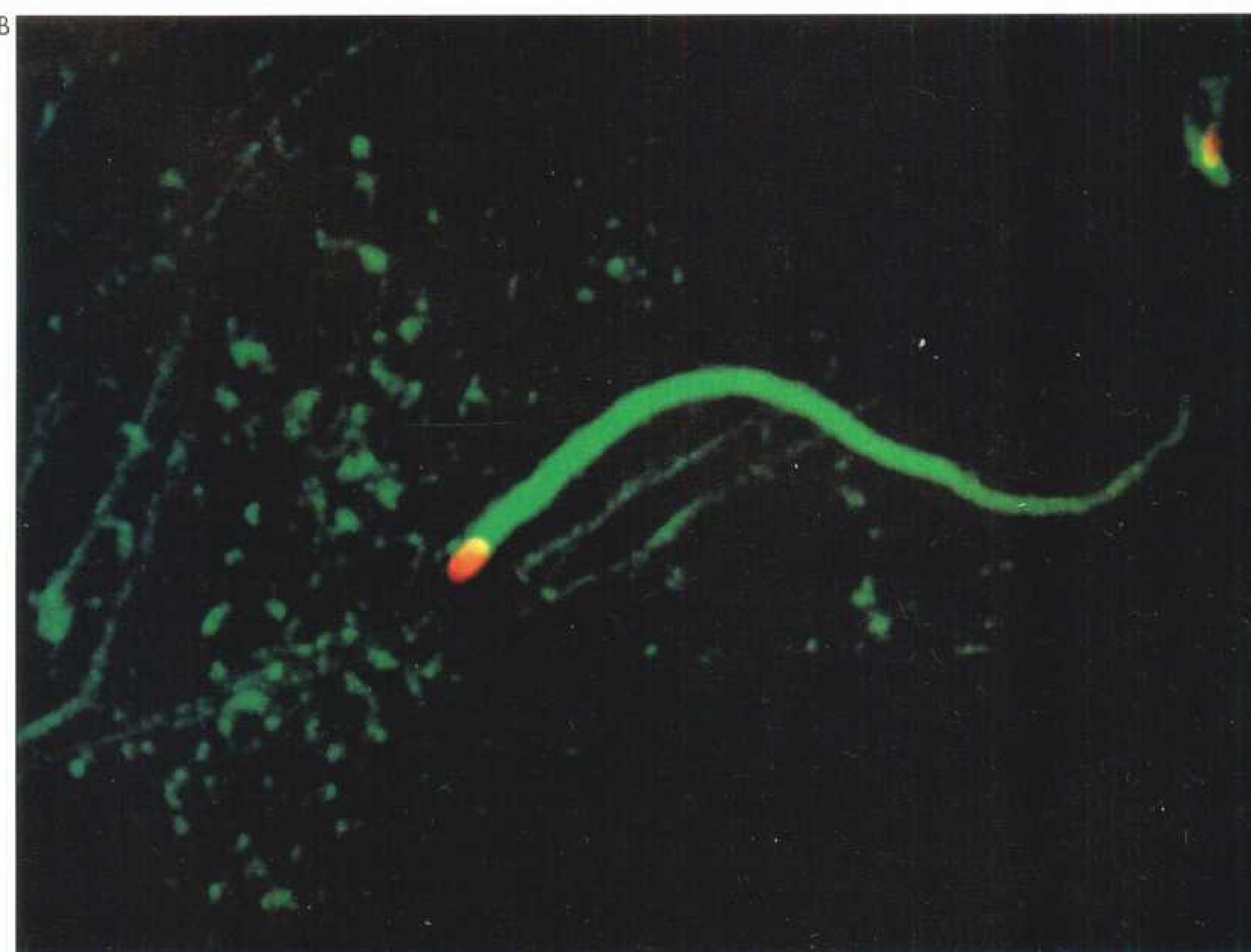


Figura 4. Ciertas bacterias, como las shigellas y las listerias (Shigella spp. y Listeria monocytogenes), pueden propagarse directamente de una célula infectada a otra sin exponerse a los anticuerpos del sistema inmunitario del huésped. En la célula, estas bacterias escapan de los fagosomas. Luego, unas proteínas de la superficie bacteriana estimulan la polimerización de la actina, una proteína del citoesqueleto del huésped. Alrededor de las bacterias se forman unos microfilamentos de actina que, a continuación, aparecen como cometas que las bacterias en movimiento dejan a su paso. Es lo que se ve en esta fotografía en microscopia confocal: la bacteria aparece en rojo, mientras que el verde corresponde a la actina celular. Llegadas a la periferia de la célula, las bacterias inducen la formación de protusiones. Los pseudópodos, extensiones de membrana de la célula huésped que contiene las bacterias, son inmediatamente fagocitados por la célula próxima, con lo que vuelve a empezar el ciclo. (Según ref. 22; foto P. Cossart, C. Kocks y R. Hellio.)

(10) L.H. Miller *et al.*, *Science, 264* 1878, 1994.
(11) P.J. Sansonetti, *Médecine/ Sciences, 7 (suppl.)*, 40, agosto 1990.
(12) D.M. Ojcius y D.E. Young, *Parasitol. Today, 6*, 163, 1990.
(13) C. Geoffroy *et al.*, *Infect. Immun., 55*, 1641, 1987.
(14) J. Mengaud *et al.*, *Infect. Immun., 55*, 3225, 1987.
(15) N.W. Andrews *et al.*, *Cell, 61* 1277, 1990.
(16) H.H. Winkler y J. Turco, *Curr. Topics Microbiol. Immunol., 138*, 81, 1988.
(17) J. El-On *et al.*, *Exp. Parasitol., 49* 167, 1980.
(18) G. Storz *et al.*, *Trends Genet., 6* 363, 1990.
(19) L.G. Eissenberg y P.B. Wyrick, *Infect. Immun., 32*, 889, 1981.
(20) S. Sturgill-Koszycki *et al.*, *Science, 263* 678, 1994.
(21) P. Clerc y P.J. Sansonetti, *Infect. Immun., 55* 2681, 1987.
(22) P. Cossart y C. Kocks, *Molec. Microbiol., 13*, 395, 1994.
(23) L.G. Tilney y D.A. Portnoy, *J. Cell Biol., 109*, 1597, 1989.
(24) N. Teysseire *et al.*, *Res. Microbiol., 143*, 821, 1992.
(25) D.M. Ojcius *et al.*, *Crit. Rev. Immunol* en prensa.
(26) G. Kaplan *et al.*, *J. Exp. Med., 169*, 893, 1989.
(27) R. Kolberg, *Science, 264* 1859, 1994.

contienen las clamidias no consiguen fusionarse con los lisosomas.[19] Un componente de la pared de las clamidias es, probablemente, el responsable de esta inhibición; pero el mecanismo propiamente dicho todavía nos es desconocido.
El *Mycobacterium avium*, responsable de patologías pulmonares y que prolifera en las vacuolas de los macrófagos, utiliza una estrategia todavía más específica para sobrevivir. A pesar de que las vacuolas que contienen las micobacterias adquieren varias proteínas de procedencia lisosómica, no consiguen acidificarse, ya que no tienen la bomba de protones que utilizan los lisosomas para acidificar su interior.[20] Esto sugiere que las micobacterias podrían selectivamente inhibir la fusión de los fagosomas con una subpoblación de vesículas que expresarían estas bombas, o bien que podrían excluir estas bombas de los fagolisosomas.
Sin embargo, los mecanismos de protección que poseen los microbios intracelulares no bastan por sí mismos para provocar una infección importante en su huésped, ya que esto exigiría que penetraran y se multiplicaran en un gran número de células. Ahora bien, la transferencia de una célula huésped a otra en el mismo organismo no deja de tener riesgos para los microbios, ya que el sistema inmunitario de los mamíferos incluye anticuerpos y el sistema del complemento, que pueden detectar eficazmente y eliminar invasores patógenos. No obstante, muchos microbios han evolucionado de manera que se propagan de una célula a otra sin exponerse al medio extracelular y permaneciendo en el mismo organismo.
Los equipos de P. Sansonetti y P. Cossart, de París, y el de Dan Portnoy y Lewis Tilney, de la universidad de Pennsylvania, demostraron, en 1987 y 1989 respectivamente, que, poco tiempo después de que la *Shygella flexneri*[21] y la *Listeria monocytogenes*[1,23] hayan escapado a los fagosomas, estas bacterias quedan cubiertas de filamentos de actina del huésped (fig. 4). Este complejo, parecido a un cometa en el caso de la listeria, se desplaza hacia la superficie de la célula huésped y sirve de propulsor de la bacteria. Llegadas a nivel de esta superficie, las bacterias, cubiertas con un capuchón de membrana plásmica, forman un pseudópodo. Éste es fagocitado por una célula próxima, y las bacterias se encuentran entonces envueltas por dos membranas: la antigua membrana del pseudópodo y la membrana fagosómica de la nueva célula huésped que la envuelve. Se cree que proteínas membranolíticas disuelven ambas membranas, y que, a continuación, se repite el ciclo de infección. En 1992, el equipo de Didier Raoult, de la facultad de medicina de Marsella, también observó filamentos de actina asociados a rickettsias en el citoplasma de las células huésped.[24]
Todos estos mecanismos permiten a las diversas bacterias patógenas y parásitos sobrevivir en el interior de las células y organismos huéspedes. Una de las principales vías de investigación para tratar de controlar estas infecciones es la que intenta disecar los mecanismos de defensa inmunitaria. En efecto, para que el huésped pueda defenderse rápidamente contra un agente infeccioso, es necesario, en primer lugar, que su sistema inmunitario detecte y reconozca esta infección. Normalmente, algunos fragmentos de proteínas microbianas tratados en el interior de las células, los antígenos, aparecen en la superficie de las células infectadas en un proceso que se denomina la «presentación del antígeno». Estos antígenos están asociados a moléculas de la célula huésped, las moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad (CMH),[25] un sistema que, en los vertebrados, permite distinguir el «sí mismo» del «no-sí mismo». Por tanto, la presentación de los antígenos obedece a unas reglas precisas que difieren según el tipo de moléculas del CMH que intervienen. Varios equipos de todo el mundo las están identificando. En el caso de las bacterias intracelulares, suelen ser de un tipo «no clásico»:[25] su estructura se parece a la de las moléculas del CMH que fijan productos de los virus y de las proteínas sintetizadas por células cancerosas, pero las reglas que les permiten seleccionar los antígenos son diferentes y básicamente desconocidas.
Una mejor comprensión de estas reglas debería ayudarnos a desarrollar nuevos tratamientos para controlar las infecciones, aprovechando el hecho de que los fragmentos microbianos asociados al CMH son reconocidos por linfocitos T, y éstos pueden destruir las células que los llevan.
Las infecciones bacterianas provocan también la secreción de factores de crecimiento, llamados citoquinas y linfocinas, que estimulan la actividad bactericida de células del sistema inmunitario, tales como los macrófagos. Varios equipos estudian la secreción y los efectos biológicos de estos factores, y actualmente se utilizan ya en ensayos clínicos algunos tratamientos con citoquinas producidas por ingeniería genética. Por ejemplo, la interleuquina 2 (IL-2) y el interferón γ (IFN-γ) se utilizan en el tratamiento de la lepra lepromatosa (la forma contagiosa y grave de esta enfermedad).[26]
Por consiguiente, para combatir las infecciones intracelulares, habrá que desarrollar nuevos tratamientos que ataquen de manera muy específica los medios de supervivencia de los microbios en las células. Por otra parte, habrá que hallar el medio de hacer penetrar estos medicamentos de manera eficaz en el interior de las células. Esta localización intracelular influye también en las estrategias de vacunación y de estimulación del sistema inmunitario. También será necesario tratar de interferir en el ciclo de vida de los microbios. Esto significa saber cuáles son los ligantes y los receptores que intervienen en la adherencia a las células y en la entrada de los patógenos, cómo estos últimos superan las barreras de defensa de la célula huésped, cómo se propagan de una célula a otra y cómo se transmiten de un organismo a otro. Por el momento, estos nuevos enfoques, específicos para los patógenos intracelulares, sólo están dando sus primeros pasos, y empresas de biotecnología, principalmente Microcide Pharmaceuticals, tratan de poner a punto tratamientos que bloqueen la propagación de estos microbios *in vivo*.
Más allá de la simple puesta a punto de tratamientos eficaces, se necesitará que éstos sean aplicables a la mayor parte de las enfermedades infecciosas, unas enfermedades enormemente difundidas en los países más desfavorecidos, precisamente allí donde hay muy pocos recursos disponibles para la salud pública. Por tanto, las soluciones deben ser baratas y fáciles de aplicar. En los países pobres se ha hecho ya un nuevo esfuerzo para impedir, ante todo, la difusión de los parásitos a través de sus vectores de transmisión. Por ejemplo, mosquiteras impregnadas de plaguicidas se utilizan para cerrar el paso al paludismo transmitido por los mosquitos; asimismo, se han dispuesto «trampas» odoríferas para atrapar a las moscas tse-tse, portadoras de los tripanosomas de la enfermedad del sueño.[27]
En general, es necesaria una buena higiene para disminuir la frecuencia de varias enfermedades, como el cólera y el tifus. ■

PARA MÁS INFORMACIÓN:

■ I.M. Roitt *et al.*, *Immunologie*, 3ª ed., De-Boeck Université, 1994.
■ S.H.E. Kaufman, «Immunity to intracellular bacteria», *in* W. Paul (ed.), *Fundamental Immunology*, 3ª ed., Raven Press Ltd., 1993.
■ L.G. Tilney y M.S. Tilney, «The wily ways of a parasite: induction of actin assembly by *Listeria*», *Trends in Microbiology, 1*, 25, 1993.
■ B.R. Bloom, *Tuberculosis. Pathogenesis, protection and control*, ASM Press, 1994.
■ V.L. Clark y P.M. Bavoil (eds.), «Bacterial pathogenesis, part A-B: Identification and regulation of pathogenic bacteria with host cells», *in Methods in enzimology*, vols. 235 y 236, 1994.

■ Para una bibliografía más completa véase la página 393.

DE LA MEMORIA HUMANA A LA MEMORIA ARTIFICIAL



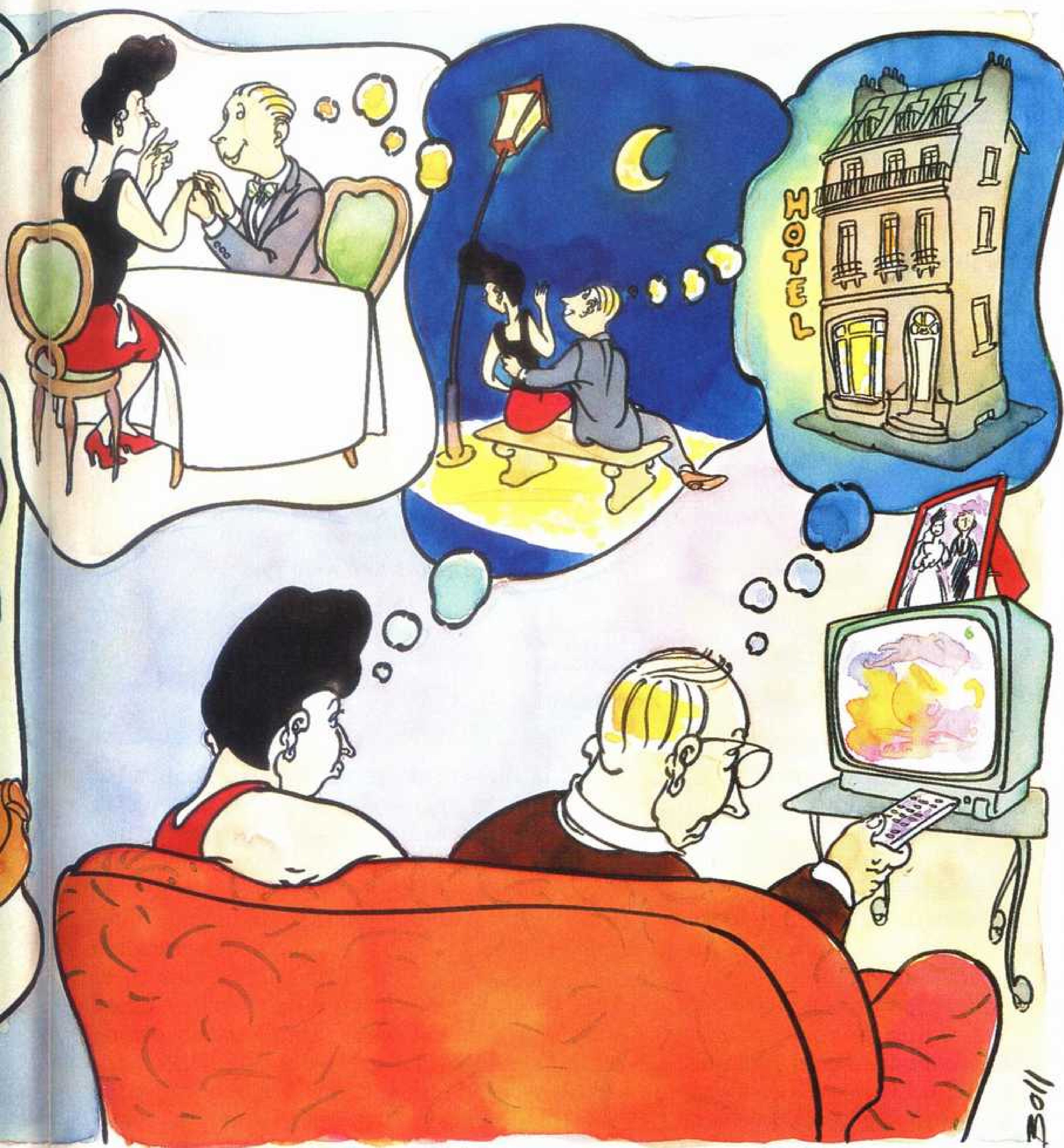
El hecho de contar una historia no es una mera repetición sino un acto real de creación, y este último es una experiencia mnemónica genuina. Tal es una de las ideas centrales argumentadas en este artículo, donde el autor analiza el vínculo íntimo entre memoria, saber e historias. Este análisis, más allá de su alcance conceptual, tiene consecuencias originales para la inteligencia artificial. ¿Cómo construir las bases de datos informáticas de tal manera que el usuario pueda encontrar rápidamente respuestas pertinentes a las cuestiones que se plantea? Se trata de lograr, simplemente, que los ordenadores también sean capaces de contar historias...

ROGER C. SCHANK

Ahora más que nunca, el ser humano se encuentra ante la urgencia de «dialogar» con máquinas. Ello exige imaginar métodos de acceso a las bases de datos, las cuales, en las máquinas, hacen las veces de memoria. Uno de los requisitos del diálogo hombre-máquina consiste en encontrar rápidamente una información que sea pertinente con respecto a un determinado contexto o a un determinado problema. A tal fin, el cerebro humano recurre automáticamente a múltiples procedimientos implícitos. Como vamos a ver, el análisis de algunos de ellos nos ha permitido idear diversos sistemas de interrogación de bases de datos multimedia.

El funcionamiento de la memoria es particularmente complejo. Para acotar algunos de sus aspectos, empleemos una metáfora y comparémosla con una biblioteca: la memoria humana y la biblioteca, efectivamente, son almacenes de conocimientos e informaciones. Pero la analogía acaba aquí: la biblioteca y la memoria difieren radicalmente por la naturaleza de las informaciones, los sistemas de almacenamiento y los métodos de búsqueda. En una biblioteca, el bibliotecario elige conscientemente un cierto número de criterios que le servirán para indexar la información; a medida que van llegando otras informaciones, va poniendo estos criterios al día. Por ejemplo, procura que algunos no sean sobreutilizados y crea otros para dar cuenta de nuevos temas. Todos estos cambios requieren intervenciones exteriores. En suma, la transformación de una biblioteca exige un esfuerzo considerable (al que se añaden, obviamente, problemas de aprovechamiento del espacio), pero se trata sobre todo de un depósito de saber estático: una biblioteca no puede cambiar por sí misma. La memoria humana, en cambio, es dinámica. Es un sistema flexible y abierto. Nuestros métodos de indexación son flexibles y fáciles de modificar. No obstante, carecemos en gran medida de la capacidad de hacerlos explícitos; el mecanismo por el cual cambiamos nuestro sistema de clasificación interna si nuestros centros de interés varían, o si nuestros conocimientos evolucionan, es inconsciente. Somos capaces de modificar las estructuras mnemónicas que permiten clasificar lo que sabemos, de hallar un lugar en nuestra memoria para nuevas informaciones y de aprender a partir de la experiencia. En definitiva, una memoria dinámica modifica su propio esquema de organización con cada nueva experiencia; se trata de un sistema que aprende.

Ahora bien, la capacidad de hallar el recuerdo más pertinente en el momento oportuno está en el centro de nuestra capacidad de comprensión. Comprendemos las experiencias nuevas en función de experiencias anteriores. Estas experiencias anteriores nos ayudan también a hacernos comprender por los demás: a veces, por ejemplo, contamos una historia para ilustrar una idea. Además, el recuerdo de experiencias anteriores es indispensable para adoptar una estrategia en una determinada situación. Y, por añadidura, hay que recordar la experiencia adecuada en el momento adecuado, lo que exige que la memoria esté organizada: los distintos episodios tienen que estar indexados y listos para ser utilizados en el momento oportuno.



De ahí la necesidad de un sistema de indexación basado en una clasificación de las experiencias en función de los objetivos, los lugares, los resultados, las intenciones y las esperanzas. Si el recuerdo particular de una experiencia anterior es pertinente en un cierto momento, tuvo que haber sido indexado en función de lo que constituía su pertinencia. La memoria «recupera» entonces los casos pertinentes cuando son más útiles para comprender una nueva experiencia. Así ocurre cuando las cosas no suceden exactamente como se preveía. Nos hace falta entonces un recuerdo específico que nos ayude. Un medio para lograrlo consiste en tener en cuenta, en la indexación de los recuerdos, la no realización de tal o cual expectativa durante una experiencia anterior. Ello no significa, claro está, que haya que limitarse a recordar los fracasos, en el sentido de fracasos en la realización de ciertos objetivos; se trata más bien de recordar los sucesos que, en el pasado, han trastornado nuestras previsiones. Por ejemplo, temíamos perder un cliente importante, pero finalmente este cliente ha renovado su contrato. Se trata típicamente de un fracaso de previsión, pero, en este caso, más bien feliz. Por otra parte, si el cliente ha rescindido el contrato, se tratará de un fracaso de cara a nuestros objetivos, pero las previsiones se habrán cumplido. Debemos pensar, pues, en la posible no realización de nuestras previsiones. Es importante no seguir manteniendo unas expectativas que se han visto frustradas. Aprender equivale a modificar estas expectativas para que no vuelvan a verse frustradas. Cuando tratamos de comprender el mundo, gran parte de nuestra actividad consiste en elaborar previsiones acerca de lo que va a suceder. La gente hace multitud de previsiones sobre cualquier cosa. Si conocemos a alguien desde hace tiempo, podremos predecir lo que dirá antes de que abra la boca siquiera. Prevemos los sentimientos que tendrá alguien a consecuencia de un determinado suceso. Hay un cierto orden en el mundo, con el que contamos a la hora de comprender.

Nuestras previsiones y expectativas se encuentran en continua mutación. No contamos con que el perro se escape, pero puede ser que haya decidido hacerlo así en cuanto se abra la verja y estemos de espaldas. Estamos obligados a comprender por qué ha sucedido esto y a modificar determinados métodos. Una solución posible consiste en atar el perro cuando abrimos la verja porque recordamos lo que ocurrió la vez anterior. Por supuesto, en el proceso de comprensión hacemos mucho más que tratar de captar el significado de una experiencia o de un suceso particular, como esta historia del perro que se escapa. Recordamos experiencias conexas más complejas y tratamos de establecer relaciones entre ellas.

Si, por idénticas razones, los fracasos se vuelven repetitivos, debemos construir nuevas estructuras mnemónicas, conjuntos nuevos de expectativas que se amolden a los nuevos hechos. Así pues, aprendemos gracias al ciclo siguiente: no realización de las previsiones, explicación, recuerdo, generalización. Esa noción de ciclo se comprende mejor en el contexto más amplio del aprendizaje en general, donde intervienen lo que yo llamo guiones, microguiones y paquetes de organización de la memoria (MOP, por *Memory organization packets*).

En efecto, organizamos nuestro saber de acuerdo con guiones parecidos a los guiones de las películas, que nos indican cómo comportarnos y cómo se comportan los demás en situaciones tipo.[1] Estos guiones permiten reaccionar ante ciertas situaciones sin reflexionar demasiado. ¿Cómo llegamos a conocer tales guiones? Los aprendemos, simplemente, aplicándolos reiteradamente. Por ejemplo, si vamos un gran número de veces a un restaurante, aprendemos el tipo de cubiertos que se utilizan, el papel de los camareros, el comportamiento a adoptar, la manera de pagar y así sucesivamente. Pero si vamos a un restaurante de comida rápida, nuestras expectativas se frustran: los cubiertos son de plástico, no hay camareros, hay que pagar antes de comer y no después, etc. ¿Cómo recordar esta experiencia? O más bien: ¿cómo olvidarla? Cuando una experiencia frustra tantas expectativas, queda almacenada con todo lo que comporta de fracasos y de esperanza de una posible solución. En la siguiente visita a un restaurante de comida rápida, recordamos la experiencia precedente y la reutilizamos. Generalizamos pues el guión del restaurante de comida rápida, que difiere del restaurante clásico. Aunque el ejemplo sea simple, y la historia de lo más banal, queda con él ilustrada la noción de adquisición de conocimientos.

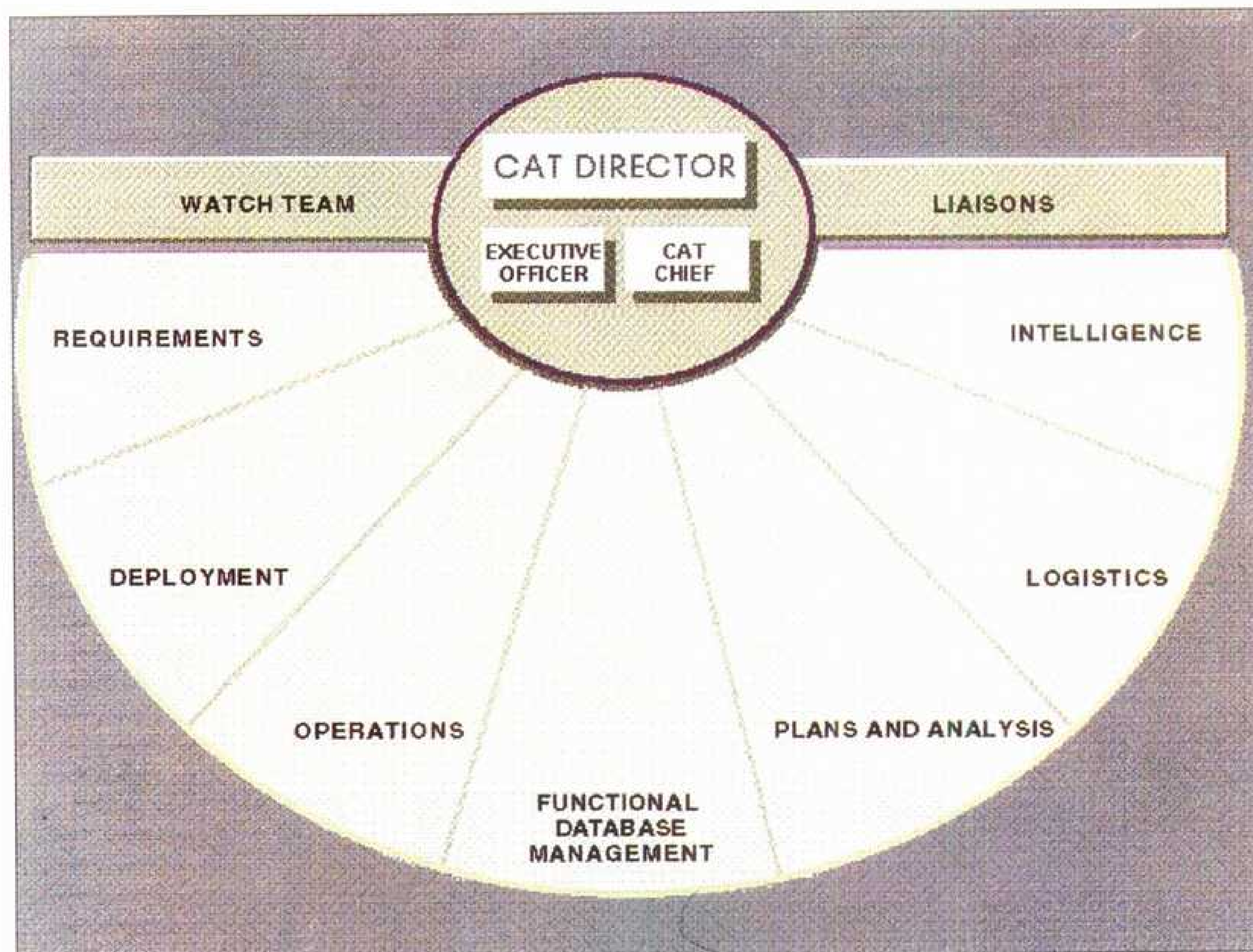
Es posible programar los ordenadores para que aprendan también a partir de

ROGER C. SHANK
es director
dels Instituto
de ciencias
de la evolución
(Institute
for the Learning
Sciencies)
de Northwestern
University,
de Evanston,
en Illinois
(Estados Unidos).

experiencias pasadas. Por ejemplo, los dos programas CHEF y SWALE, creados en nuestro instituto, realizan este tipo de aprendizaje. El primero, fundado en un «razonamiento a base de casos», tiene por objeto crear nuevas recetas de cocina a partir de otras antiguas.[2] El usuario elige un conjunto de objetivos (selección de determinados ingredientes, sabores, etc.) y obtiene una receta. Supongamos que CHEF tiene que idear un plan de ejecución de un plato a base de buey y brócoli. El programa busca en su memoria la receta que satisface el mayor número posible de exigencias del usuario. Si hay varias, elige al azar. Si la solución parcial encontrada incluye judías verdes en vez de brócoli, el programa es capaz de modificar el tiempo de cocción e incluso de añadir una etapa propia al brócoli (que debe ser previamente cortado) gracias a informaciones suplementarias que posee. Luego, corrige la receta y modifica su biblioteca de casos para poder reutilizar el nuevo caso en una situación similar.

El programa SWALE, por su parte, suministra nuevas explicaciones: es un «creador de explicaciones a base de casos».)[3] Más precisamente, SWALE tiene en memoria todo un conjunto de explicaciones sobre muertes de animales o de seres humanos (debido a la edad, a accidentes de carretera, etc.). Si se produce un suceso anómalo, por ejemplo la muerte de un caballo joven y aparentemente sano, el caso no tiene explicación inmediata. El programa busca en su memoria otras explicaciones correspondientes a otros contextos, como la muerte de estrellas del rock por sobredosis, o el asesinato de un hombre por su esposa para cobrar un seguro de vida. Luego, confronta estos casos con la situación anómala, por ejemplo sustituyendo la última explicación citada por «la muerte de un caballo a manos de su propietario para cobrar un seguro», etc., hasta dar con una explicación adecuada. El proceso de rememoración permite aprender porque nos lleva permanentemente a confrontar experiencias nuevas con otras antiguas y a generalizar. Estas comparaciones tienen dos desenlaces posibles: o la nueva situación es notablemente distinta de la que sirvió de comparación, o se le parece mucho (dejando de lado los casos intermedios y mal definidos). Si es muy diferente, hay que crear un nuevo caso: típicamente, podemos utilizar nuestro conocimiento del viaje en tren durante nuestro primer viaje en avión; no obstante, no tardamos en darnos cuenta que este último constituye un caso único en su género, aunque la comparación con el tren haya tenido al principio su utilidad.

Pero, ¿cómo saber, sobre la base de un



único viaje en avión, que no hay que tratarlo como un caso particular del viaje en tren? Al cabo de unos cuantos viajes en avión, esta comparación habrá perdido toda utilidad. Habremos creado un guión del avión que nos permitirá predecir qué es un vuelo en general, comparar un vuelo con otro, comprender qué hace el personal de la cabina, prever el tipo de comidas, etc. En otras palabras, como en el ejemplo del restaurante, o los nuevos casos sirven para enriquecer nuestra biblioteca de casos o sirven para acrecentar nuestro conocimiento detallado de los guiones. Por supuesto, podemos decidir también que el nuevo caso nada añade a las experiencias anteriores. Pero entonces no hay aprendizaje.

CONTAR PARA RECORDAR

Al principio, utilizamos el concepto de «guión»[1] para describir estructuras mnemónicas de gran tamaño. Los guiones del restaurante, del avión, del hospital, etc., estaban destinados a dar cuenta de lo que sabemos sobre estas situaciones y servían de base para la integración de recuerdos de no realización de previsiones. Luego, advertimos que todas estas situaciones comprenden numerosos aspectos similares: la hipótesis de una independencia de todas estas estructuras era demasiado restrictiva. Por ejemplo, ya se trate de una comida en el restaurante, de un billete de avión o de una estancia en un hospital, la manera de pagar es casi idéntica (se va a la caja o al mostrador, se presenta una tarjeta de crédito, se firma la factura). Es poco probable que la memoria humana trate todas estas acciones de pagar como entidades totalmente diferentes. Aunque no haya comprendido del todo cómo firmar la factura en el restaurante, un individuo sensato sacará sus conclusiones y luego será capaz de generalizarlas a las demás situaciones.

De ahí la idea de que la memoria puede estar constituida por estructuras independientes, como «pagar», susceptibles de ser agrupadas en grandes estructuras mnemónicas; entidades como «el restaurante» podrían tratarse entonces como «paquetes de organización de la memoria» (MOP). Según esta hipótesis, el MOP «restaurante» contiene escenas tales como «pagar», «pedir», «sentarse», que, con algunas excepciones, no difieren mucho de un MOP a otro. A partir de ahí, es evidente que las escenas son unos elementos mnemónicos importantes, «coloreados» de modo distinto por los distintos MOP, y que estos últimos agrupan escenas variadas en un orden particular. No obstante, si en el marco del restaurante aparece un elemento nuevo, deberemos saber si este elemento es exclusivo de los restaurantes, y por tanto modifica el MOP «restaurante», o, como en el caso de «pagar», se refiere a un aspecto del restaurante que rebasa el marco exclusivo de éste; ello obliga a modificar uno o varios MOP donde se efectúa un pago, unos tan distintos como ir a ver un partido de fútbol o acudir a una cita galante.

Además, cada situación, o casi, comporta aspectos materiales, sociales y personales: todo suceso, pues, puede

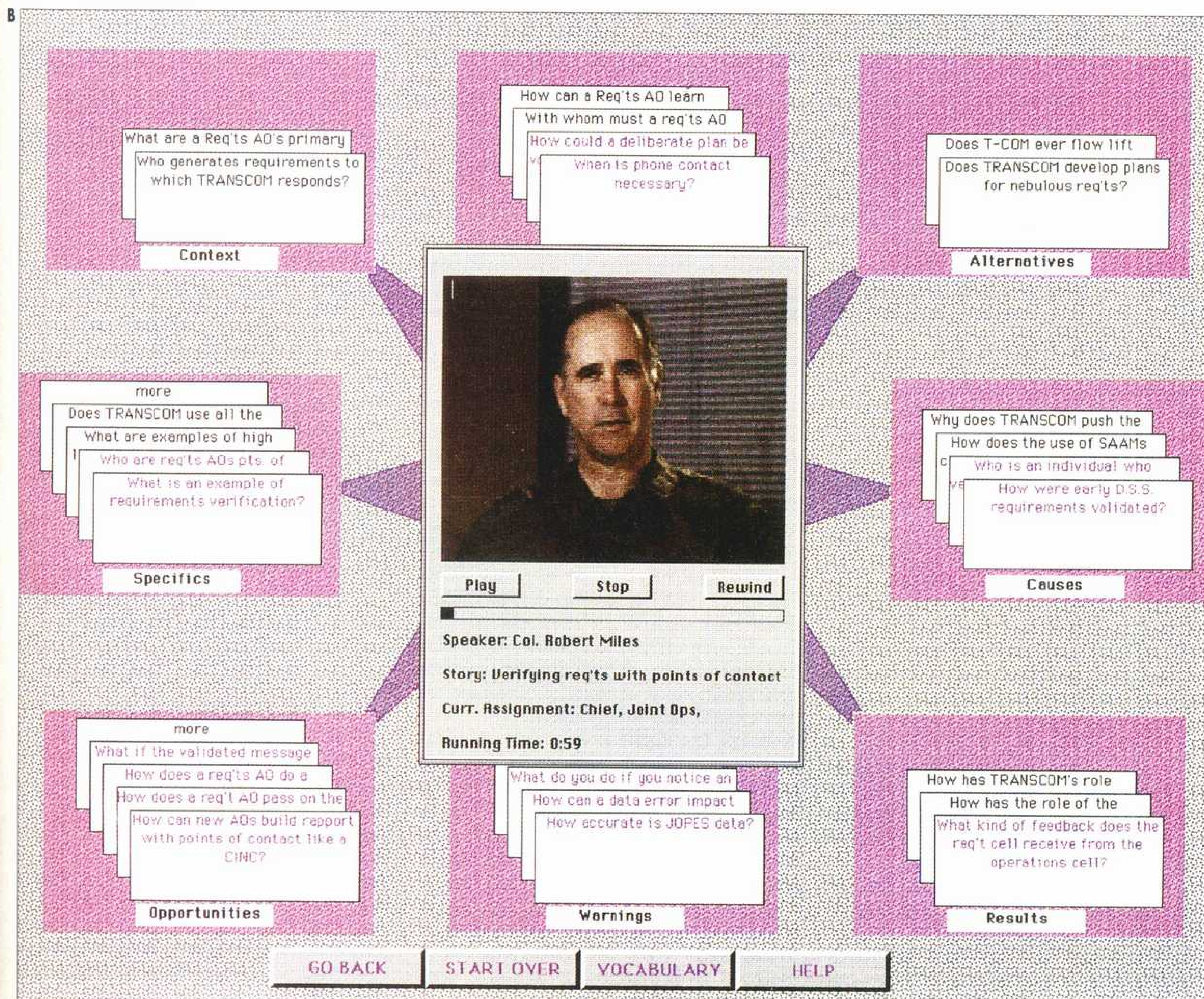
Figura 1. Trans-ASK, diseñado para gestionar las operaciones de transporte del ejército norteamericano (armas, mercancías, combustibles, etc.), simula conversaciones con expertos humanos, sobre la base de un índice de 12 000 preguntas y respuestas. Cuando el usuario entra en el programa, ve aparecer en pantalla una vista general de los distintos ítems ligados al transporte (A). Una vez seleccionada una rúbrica, por ejemplo la rúbrica «operaciones», se le ofrece una pantalla con toda una serie de preguntas (B) que le guían hacia la información buscada y también hacia otras informaciones que no necesariamente habría considerado útiles a priori para su problema particular. Cada respuesta se presenta en forma de texto o de videoclip. Seleccionando otras preguntas, el usuario recibe cada vez más detalles. Trans-ASK se basa en la idea de que la gente recuerda mejor la información cuando es transmitida en forma de historia, a través de una conversación, aunque se trate de una conversación con el ordenador. Además, el modo de indexar la información tiene en cuenta la manera como el ser humano indexa las historias y crea relaciones entre ellas. Trans-ASK sirve para aprender y como instrumento de ayuda a los oficiales (Documentos R.C. Schank.)

dar lugar a tres MOP distintos. Así, cuando un individuo va al médico, su visita puede ser comprendida, almacenada y más tarde evocada en función de sus aspectos materiales (conducir el coche, esperar, etc.), sociales (pagar el servicio recibido) y personales (mantenerse en buena salud). Cada escena de un MOP comprende, pues, guiones más pequeños. En el ejemplo citado, hay guiones relativos al trayecto en coche, a lo que ocurrirá en la sala de espera, al comportamiento del médico, etc. Aparece así, claramente, que una actividad o suceso de carácter bastante general (por ejemplo, ir al restaurante o al médico) contiene un gran número de pequeños guiones. Los llamaremos microguiones para destacar lo restringido de su alcance.

Nuestras aptitudes están ligadas a estos microguiones. Cuando decimos que sabemos hacer algo, solemos referirnos a uno o varios microguiones que hemos asimilado con el tiempo. Estos microguiones, generalmente inconscientes, están formados por un saber elemental que hemos aplicado repetidas veces a lo largo de los años. También es importante advertir que la práctica raramente tiene lugar por sí misma. Siempre utilizamos un microguión en función de un determinado objetivo. Nuestros conocimientos detallados sobre la conducción de un automóvil, sobre el manejo de un vídeo o sobre la preparación de una comida son ejemplos de microguiones. Aprendemos estas cosas haciéndolas. Nuestro saber se encuentra, por decirlo así, «en la punta de los dedos», no «en la cabeza». Tal vez no seamos capaces de enunciar claramente lo que sabemos, pero lo cierto es que utilizamos tan a menudo nuestro saber que éste se convierte en la base de nuestra habilidad real.

En la vida, no sólo aprendemos cosas y las almacenamos en la memoria sino que también hablamos a los demás de nuestras expectativas, nuestras expe-

(1) R.C. Schank y R. Abelson, *Scripts, plans, goals and understanding: An inquiry into human knowledge structures*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1977.
(2) R.C. Schank y C.K. Riesbeck, *side case-based g*, Lawrence Erlbaum Associates, 1989.
(3) R.C. Schank, *Explanation patterns: Understanding mechanically and creatively*, Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
(4) R.C. Schank, *Tell me a story: A new goal at real and artificial memory*, Charles Scribner's Sons, 1990.
(5) D.C. Edelson, *Learning from stories: Indexing and reminding in a socratic case-based teaching system for elementary school biology*, The Institute for the Learning Sciences, Northwestern University, Technical Report 3, 1993.
(6) W. Fitzgerald, *Direct memory access parsing in the creanimate biology tutor*, Proc. of the Tenth IEEE Conf. on AI por Applications, IEEE, Computer Society Press, 1994.
(7) C. Martin, «Direct memory access parsing», Ph. D. Thesis, Yale University, 1990.



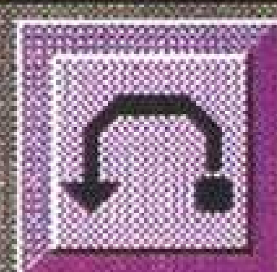













Figura 2. Con el programa Creanimate, los alumnos de la escuela primaria aprenden biología por medio de un diálogo con el ordenador a propósito de animales y de características de animales. Para que dicho diálogo sea atractivo, Creanimate funciona de tal manera que los niños puedan crear su propio animal y luego modificarlo. Por ejemplo, un niño puede querer crear una mariposa que lucha. Cuando el niño escribe «luchar», la memoria del ordenador se activa y presenta secuencias de vídeo y extractos de textos que presentan otros animales que luchan. El niño observa así, por ejemplo, perros que luchan con los dientes y las garras y decide si su mariposa deberá tener dientes y garras. Luego, el ordenador puede formular preguntas a propósito de esta decisión y sugerir formas de combate en los insectos. Por medio de un tal diálogo, el niño aprende y guarda en memoria nociones sobre el comportamiento y los rasgos del animal, unas nociones que podrá utilizar a partir de entonces.

riencias y nuestros fracasos. Los recuerdos precisos parecen depender de su explicitación por el lenguaje.[4] Supongamos, por ejemplo, que acabamos de regresar de vacaciones, o que encontramos a una persona informada de una importante cita que acabamos de tener. En ambos casos, cuando se nos pregunte por el suceso, podremos responder con un par de frases concisas o relatar una historia que reproduzca las partes esenciales de la experiencia. ¿En qué medida, si otra persona nos pregunta sustancialmente lo mismo, diferirá el segundo relato del primero? Influirá, ciertamente, el tiempo disponible para el relato, así como el grado de intimidad con el interlocutor. No obstante, es probable que omitamos y conservemos esencialmente los mismos detalles. Pero se producirá otro hecho: si, al relatar las vacaciones, no hablamos de la fuente del vestíbulo de hotel, entonces la escena de la fuente desaparecerá definitivamente de la historia y, por tanto, de la memoria.

El proceso de creación de una historia, de condensación de una experiencia en un relato, hace que sus distintos elementos sean cada vez más pequeños. Las repeticiones ulteriores de la misma historia tienden a a ser cada vez más cortas a medida que se van omitiendo ciertos detalles. Por supuesto, si se añaden detalles ficticios, lo que puede ocurrir es precisamente lo contrario. Generalmente, sin embargo, después de numerosas repeticiones quedan sólo los detalles que habíamos decidido recordar. En realidad, la creación del relato es un proceso mnemónico. ¿Por qué cuentan historias los seres humanos? Porque es el proceso de creación de la historia el que crea la estructura mnemónica que contendrá lo esencial de esta historia para el resto de nuestras vidas. Hablar es recordar. Los psicólogos saben desde hace tiempo que la repetición ayuda a la memoria. Pero el hecho de contar una historia no es una repetición, sino una creación, y el acto de creación es una experiencia mnemónica.

Además, las historias que más se cuentan, y a menudo las más interesantes de escuchar o leer, son las que hablan de expectativas frustradas. Para dar forma a nuestros recuerdos y aprender, contamos historias donde las anomalías han sido resueltas de una forma u otra. Así es como recordamos las soluciones y adquirimos un nuevo saber, que es almacenado para un uso futuro. Por ejemplo, es probable que, de no ocurrir un suceso extraoridinario, nunca expliquemos a alguien algo tan banal como un viaje en coche hasta el lugar de trabajo. Los microguiones no tienen interés por sí mismos. En cambio, no dejaremos de contar que tomamos un desvío de quince kilómetros porque aquel día empezaban unas obras en la carretera, cosa que ignorábamos. Así, nos concentraremos en los demás itinerarios posibles y en la hora a la que hay que salir para no llegar tarde al trabajo. En resumen, al contar historias, recorda-

mos, almacenamos saber y aprendemos. Los ordenadores también pueden contar historias. Los sistemas llamados ASK permiten acceder a bases de datos multimedia, que consisten en breves videoclips (de uno a cuatro minutos) seleccionados a partir de entrevistas con expertos, de material vídeo archivado y de extractos de textos. Se pretende con ello dar al usuario una respuesta pertinente a sus preguntas y estructurar su interacción con la máquina de tal forma que obtenga de ella el máximo beneficio, como si se tratara de un experto humano. Estos sistemas son capaces de proponer respuestas a las preguntas, de hacer sugerencias y de responder a las cuestiones complementarias contando más historias. Para ello, recurren al conjunto de las historias indexadas, utilizando las relaciones entre ellas para aproximarse tanto como sea posible al objeto de la pregunta. En 1989, realizamos un sistema de estas características, Trans-ASK, destinado a la gestión de transportes del ejército norteamericano (transporte de armas, de combustible, de mercancías, etc.) (fig. 1). El sistema sirve para la formación de los oficiales.

Pero el ser humano puede desear también olvidar determinadas experiencias, lo cual formula diciendo: «Prefiero no hablar de eso». No hablar facilita el olvido. En cierto sentido, contar una historia es revivir la experiencia. Si no es creada desde el principio, una historia existirá sólo en su forma original, es decir, en una forma distribuida entre las distintas estructuras mentales utilizadas durante el tratamiento inicial. Podemos controlar lo que ponemos en la memoria y lo que podemos ir a buscar en ella. La elección de una historia depende de nuestro modo de ver la experiencia, de las etiquetas que le hemos atribuido al pensar en ella. Estos dos poderes, la selección inicial y el punto de vista inicial, determinan lo que sabemos y la manera como vemos el mundo a través de lo que sabemos. Debido a la necesidad de contar historias, y de escucharlas cuando las narramos, lo que recordamos y lo que somos capaces de recordar determinan quienes somos y cómo nos perciben los demás.

En tanto que seres humanos, buscamos un sentido en el mundo actual para interpretar mejor las experiencias futuras. Queremos, en la medida de lo posible, transformar lo desconocido en conocido o en algo menos desconocido. Sacamos partido de nuestra memoria de las cosas pasadas por medio de los recuerdos. Estos últimos nos ayudan a comprender las fuerzas y las experiencias que juegan un papel en nuestras vidas. Si no podemos aprender de estas fuerzas y de estas experiencias, entonces no podremos alcanzar ciertos objetivos, como ser mejores padres o mejorar en el trabajo. El tópico de que la experiencia es la mejor maestra constituye una gran verdad. Aprendemos gracias a la experiencia o, mejor dicho, las cosas que aprendemos «son» experiencias.

Esta idea funda, por ejemplo, la filosofía de nuestro programa Creanimate, que comprende el lenguaje natural, y cuyo objetivo consiste en enseñar por experiencia nociones de biología a niños de la escuela primaria (fig. 2).[5,6] El programa está diseñado de tal manera que puede establecer una relación entre un texto propuesto por el usuario y la memoria del ordenador.[7] Por ejemplo, cuando lee «ardilla», el programa activa la representación interna de la ardilla en la máquina; cuando lee «las ardillas suben a los árboles para perseguir a sus congéneres», activa una estructura que hace referencia a una combinación particular de los conceptos de animal, de movimiento y de comportamiento. Este programa, por medio de historias, permite iniciar a los niños de corta edad en las distintas funciones de las características físicas de los animales.

Si continuamos contando historias continuaremos aprendiendo. Aprender a explicar los sucesos de nuestra vida implica interesarse constantemente por el fracaso de explicaciones anteriores. Ello crea un ciclo permanente de reflexión, que es la clave de la inteligencia. En cierto sentido, pues, es importante que el mundo que nos rodea nos desconcierte; así buscamos nuevas explicaciones. La curiosidad depende de estas expectativas frustradas y de la ausencia de explicaciones fiables. La memoria es un proceso que crea y colma lagunas, que encuentra nuevas necesidades de conocimiento y responde a ellas mediante explicaciones inciertas. La inteligencia consiste precisamente en encontrar estas explicaciones por uno mismo, en aprender actuando.

Para ser eficaces, los programas informáticos deben inducir a los usuarios a recurrir a sus propios mecanismos naturales de razonamiento y rememoración. La interacción entre el ser humano y el ordenador puede producir conocimiento y cultivar la inteligencia precisamente porque el ordenador simula el funcionamiento de la memoria humana: en la vida cotidiana, los seres humanos aprenden por experiencia y contando historias. ■

PARA MÁS INFORMACIÓN:

■ R.C. Schank, *Dynamic memory: A theory of learning in computers and people*, Cambridge University Press, 1982.

■ J.K. Hammond, *Case-based Planning: viewing planning as a memory task*, Ac. Press, 1989.

LA TERMOGÉNESIS, UNA DEFENSA O[...]
EXCESIVA DE ENERGÍA



La termogénesis o capacidad de producir calor presenta un componente obligatorio no modulable y otro adaptativo que permite la respuesta del organismo a condiciones de elevado gasto energético como son la exposición al frío o la eliminación del exceso de ingesta. ¿Cuáles son los mecanismos por los que se produce esta respuesta adaptativa? En las últimas décadas ha cobrado una gran importancia el papel termogénico del tejido adiposo marrón, desvelándose los mecanismos responsables de esta función, así como la posible relación existente entre tejido adiposo marrón y obesidad.

MARIÀ ALEMANY, XAVIER REMESAR Y JOSÉ-ANTONIO FERNÁNDEZ-LÓPEZ

Los mamíferos y las aves son los únicos animales que han desarrollado la capacidad de regular su temperatura corporal manteniéndola constante a temperaturas próximas a los 37 °C, incluso frente a temperaturas ambientales muy diferentes de la corporal. Estos animales —los homeotermos— presentan importantes ventajas respecto a los demás animales, en relación a la supervivencia, puesto que el frío disminuye la velocidad de las reacciones químicas y, por tanto, modera los procesos vitales del organismo llegando a hacer imposible la vida. El mantenimiento de la temperatura interna permite, pues, mantener la plena capacidad funcional del organismo, independizándolo de la temperatura ambiental.

El proceso por el que los animales homeotermos son capaces de producir calor recibe el nombre de *termogénesis*. Para mantener la temperatura corporal se aprovecha el calor producido en las reacciones de oxidación de los nutrientes, procedentes tanto de la dieta como de las reservas internas.

El balance energético es el equilibrio entre la energía que ingerimos con los alimentos y las pérdidas producidas a través de la actividad metabólica; se puede expresar en la ecuación:

$$EM = EN + C_O + C_A$$

Una vez descontada la energía perdida en las heces (no absorbida) y en la orina (productos de desecho), la energía metabolizable (EM) obtenida de los alimentos es utilizada para mantener y/o incrementar el contenido energético del organismo (mantenimiento, trabajo externo, crecimiento y producción). La transformación de la energía metabolizable en estas formas de energía neta (EN) produce, de modo inevitable, pérdidas de energía en forma de calor. Estas pédidas de energía, junto con el también forzoso coste energético invertido en la asimilación de los nutrientes, constituyen la denominada *termogénesis obligatoria* (calor producido de forma obligatoria, C_O). No obstante, en respuesta a determinados estímulos, el organismo es capaz de producir cantidades adicionales de calor (C_A). Así, por ejemplo, la respuesta será diferente y mucho más intensa si la temperatura ambiental es muy baja en comparación con otra suave. En un ambiente frío, las pérdidas de calor pueden ser muy elevadas, con el consiguiente enfriamiento del organismo. En estos casos, el mantenimiento de la homeotermia precisa de la oxidación de importantes cantidades de nutrientes con la única finalidad de producir el calor necesario para la supervivencia.

Este proceso de *termogénesis adaptativa* se produce en respuesta tanto a la exposición al frío como a una excesiva disponibilidad de sustratos energéticos, generalmente consecuencia de una ingesta superior a nuestras necesidades. En este último caso se produce también un incremento de la producción y eliminación de calor (denominada *termogénesis inducida por la dieta*) que permite el mantenimiento del peso corporal a pesar de existir grandes variaciones en la ingesta diaria. De esta forma, un exceso de energía ingerida no provoca necesariamente un acúmulo de reservas (aumento de peso), sino que puede eliminarse en forma de calor al incrementar la termogénesis adaptativa:

$$EI = CR + CA \pm R$$

donde la energía ingerida (EI) es igual a la suma del calor residual del organismo y otras actividades funcionales (CR), el calor producido expresamente o calor adaptativo (CA) y la variación de las reservas (R).

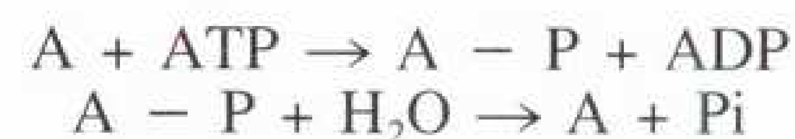
Los estudios sobre termogénesis se han

CONTRA EL FRÍO Y LA INGESTA

llevado a cabo mayoritariamente en roedores, como la rata y el ratón, que presentan una capacidad termogénica adaptativa muy elevada. En estos animales se ha estudiado la termogénesis inducida por la dieta con la denominada «dieta de cafetería», que intenta desarrollar en los animales un tipo de obesidad similar a la que desarrollan los humanos, supuestamente debido al exceso de ingesta.[1] Dicha dieta está compuesta por un número elevado de alimentos, que difieren en su sabor, textura y composición nutricional. Incluye, junto con el pienso habitual, alimentos de consumo humano como galletas, queso, panceta, foie-gras, chocolate, leche, etc., a los que los animales tienen libre acceso, pudiendo escoger en cada momento lo que prefieran. Esta dieta hace que coman mucho (hiperfagia), provocándose un claro incremento del peso corporal (obesidad inducida por la dieta); no obstante, este incremento es mucho menor que el que correspondería al exceso de ingesta energética. La mayor parte de la energía sobrante se elimina en forma de calor por activación de las vías termogénicas adaptativas. Los animales alimentados con dieta de cafetería producen mucho más calor que los animales alimentados con dieta estándar. No obstante, al parecer, la producción de calor tiene límites, y una ingesta por encima de esta capacidad máxima provocará que el exceso de energía se acumule en forma de reservas.[2]

Los mecanismos de los que se sirve el organismo para la producción adaptativa de calor son esencialmente tres: a) ciclos de sustratos, b) temblor, c) oxidación «ineficiente» de sustratos.

Ciclos de sustratos. En las vías metabólicas existen algunas reacciones que se encuentran lejos del equilibrio (A→B) de modo que para que se dé la reacción inversa (B→A) ésta debe ser químicamente diferente y estar catalizada por un enzima distinto. El conjunto de ambas reacciones en direcciones opuestas se conoce como un ciclo de sustratos y podría resumirse en las reacciones:



$$A + ATP \rightarrow A - P + ADP$$
$$A - P + H_2O \rightarrow A + Pi$$

La reacción global resultante será



$$ATP + H_2O \rightarrow ADP + Pi$$

Figura 1. La implantación de los termopares se realiza quirúrgicamente en animales previamente anestesiados. A cada animal se le implantan varios sensores conducidos subcutáneamente hasta la parte superior de la espalda y a través de un largo tubo metálico flexible se conectan a una unidad de almacenamiento de datos (temperaturas). Los animales son capaces de moverse libremente en sus jaulas. Todos los datos se obtienen pasados 4 días como mínimo tras la operación, cuando las ratas ya están totalmente recuperadas. (Foto autores.)

MARIÀ ALEMANY, XAVIER REMESAR Y JOSÉ-ANTONIO FERNÁNDEZ-LÓPEZ
son catedrático y profesores titulares del Departamento de bioquímica y fisiología de la Universidad de Barcelona. Investigan, junto con su equipo de colaboradores, sobre los mecanismos de control del balance energético y nitrogenado, y su incidencia en el ajuste del peso corporal.

siendo su resultado neto el consumo de la energía química del ATP sólo para producir calor. Existen numerosos ciclos en el metabolismo, tanto glucídico (ciclos glucosa/glucosa-6-fosfato, fructosa-6-fosfato / fructosa-1,6-bisfosfato, piruvato/fosfoenolpiruvato), como lipídico (acetil-CoA/acetato, acil-CoA/ácido graso) o nitrogenado (glutamina/glutamato, adenosina/adenosina monofosfato) que posiblemente estén implicados en la termogénesis además de su papel de control metabólico.

Los ciclos descritos más arriba consisten todos ellos en una única reacción en un sentido y otra en el sentido contrario. No obstante, la definición de ciclo de sustratos puede ser más amplia, incluyendo —incluso— vías metabólicas completas que funcionen en sentido contrario. Así, las reacciones indicadas pertenecientes al metabolismo glucídico forman parte de dos vías metabólicas opuestas, la glucólisis y la gluconeogénesis, que de manera similar a los ciclos ya comentados, cuando funcionan al mismo tiempo, constituyen un ciclo de sustratos a mayor escala. Hay otros ejemplos, como son la síntesis y degradación de glucógeno, la β-oxidación/lipogénesis y el recambio proteico y de RNA.

Por último, un tercer grupo posible de ciclos de sustratos lo representan algunos sistemas de transporte de iones a través de las membranas biológicas. El transporte en uno de los sentidos se realiza en contra de un gradiente de concentración, por lo que precisa del gasto de energía. El transporte en sentido contrario se realiza a favor de gradiente, sin que se recupere, para la realización de trabajo útil, la energía consumida anteriormente. El acoplamiento de ambos procesos funcionando al mismo tiempo comportará de nuevo la liberación de energía en forma de calor. El principal ejemplo de estos sistemas de transporte iónico lo constituye el transporte de sodio y potasio asociado a la actividad de la ATPasa Na^+/K^+.

Cuando se descubrieron estos ciclos se sugirió que, en un momento determinado, únicamente uno de los procesos podía ser funcional para una célula, según cuáles fuesen las condiciones metabólicas de la misma. Posteriormente se demostró que en muchas ocasiones ambos procesos pueden actuar simultáneamente a velocidades significativas. La actividad de los ciclos de sustratos es el precio energético que se tiene que pagar para pasar de un estado de reposo —en el que el funcionamiento del ciclo es elevado— a uno de actividad máxima —en la que una de las vías está inhibida y la otra es plenamente funcional—.[3] La importancia de estos ciclos de sustratos en la regulación del metabolismo se puede apreciar cuando es necesario que el flujo neto a través de una vía determinada sea prácticamente nulo. Esto requeriría que la concentración de un activador fuese llevada a valores de prácticamente cero, o que la concentración de un inhibidor llegase a casi infinito. Estas variaciones de concentración no se encuentran nunca en las células *in vivo*. No obstante, el flujo neto de esta vía podría reducirse a cero mediante un ciclo de sustratos.

Es relativamente fácil de imaginar que un organismo sea capaz de producir grandes cantidades de calor de forma adaptativa mediante la utilización de los ciclos de sustratos. Sin embargo, hemos de considerar que la principal función de estos ciclos es la regulación de la velocidad de la vía metabólica sobre la que actúan. Hoy día no esta claro si se puede producir la disociación entre regulación y necesidades energéticas del organismo, salvo en casos muy concretos, como por ejemplo en el funcionamiento del ciclo fructosa-6-fosfato/fructosa-1,6» bisfosfato en el abejorro. Muchos insectos necesitan llegar a una temperatura torácica de unos 30 °C para poder volar; sin embargo, el abejorro es capaz de hacerlo a temperaturas de hasta 10 °C. El calor necesario para calentar los músculos del vuelo lo consigue mediante el activo funcionamiento del ciclo de sustrato fructosa-6-fosfato/fructosa-1,6-bisfosfato.

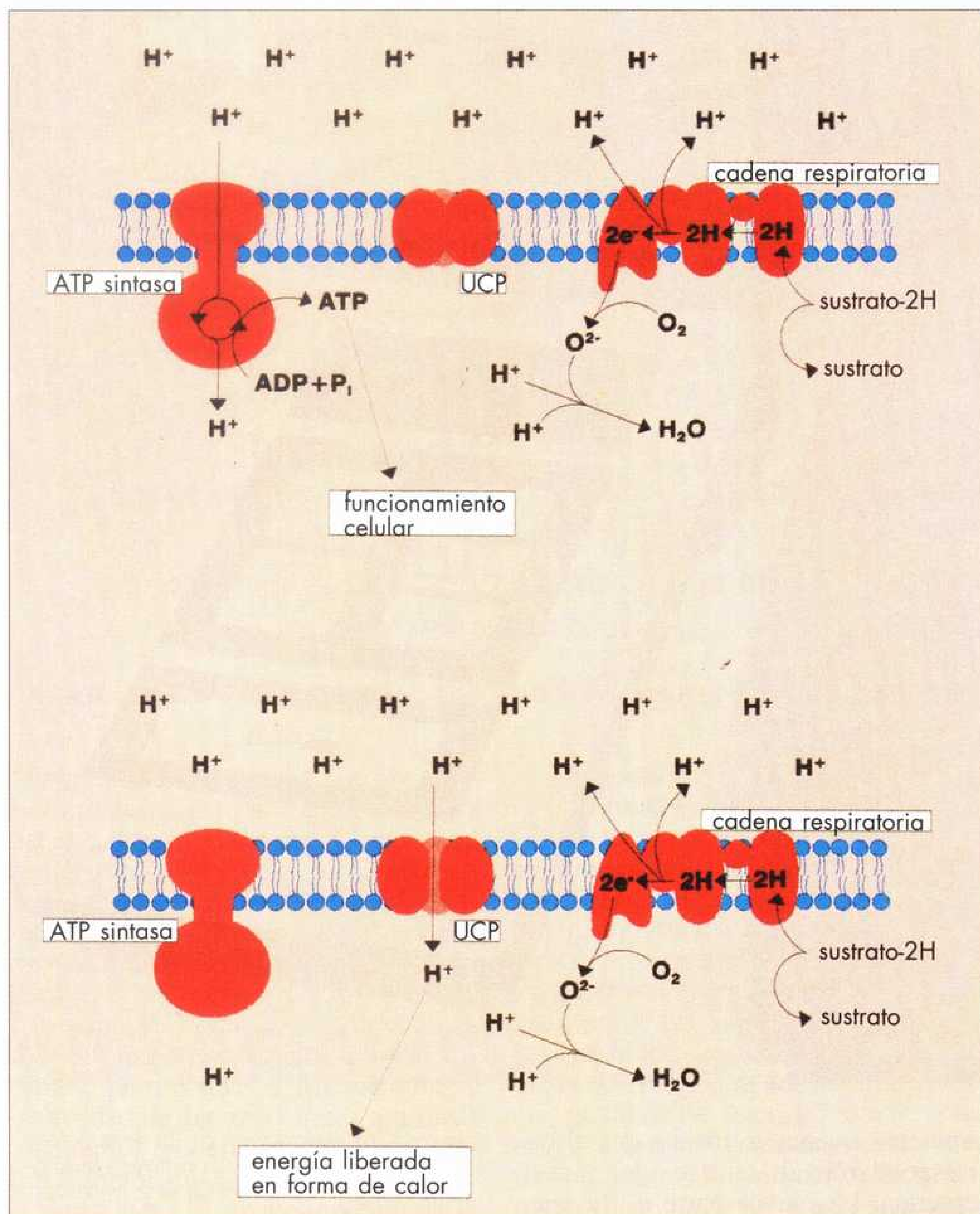


Figura 2. En las mitocondrias, la oxidación de los diversos sustratos por parte de las cadenas respiratorias provoca el bombeo de protones (H+) desde el interior hacia el exterior de la mitocondria, con lo que la concentración fuera es mucho más alta que en el interior. Este gradiente electroquímico permite que al entrar los protones a través del complejo de síntesis de ATP cedan la energía del gradiente para ésta síntesis. El ATP se utilizará luego para la gran mayoría de reacciones implicadas en el funcionamiento de las células al ser el dador universal de energía. Los protones (arriba) no tienen otro camino para regresar al interior de la mitocondria que pasar a través del complejo de síntesis de ATP. En cambio, cuando se activa la UCP de la membrana mitocondrial interna (abajo) se abren unos poros por los que pueden penetrar los protones directamente al interior de la mitocondria sin tener que pasar por el complejo. El resultado es que la energía del gradiente se disipa en forma de calor y no se aprovecha para el funcionamiento celular. (Foto autores.)

Termogénesis por temblor. El temblor es una respuesta rápida que se produce en la exposición al frío. Todos nosotros hemos experimentado esta sensación al exponernos a bajas temperaturas. Consiste en un proceso de contracción y relajación continuado de parte de la musculatura esquelética sin producir trabajo útil; en este proceso se hidroliza ATP y, por tanto, se libera calor. Éste es un mecanismo de «emergencia» que se pone en funcionamiento en las fases iniciales de la exposición al frío, para evitar la aparición de hipotermia. Una vez que se han puesto en marcha otros mecanismos —más efectivos— de generación de calor, cesa el temblor a pesar de continuar la exposición.

Las pérdidas de calor de un tejido u órgano cualquiera hacia el exterior se producen por radiación y conducción. Para mantener una temperatura constante, las pérdidas han de compensarse con el calor generado a partir de los procesos metabólicos del propio tejido, y si éste no es suficiente, debe mantenerse con el aporte adicional de calor a través de la sangre. Por el contrario, aquellos tejidos que produzcan cantidades de calor mayores de las que puedan eliminar por radiación y conducción han de ceder a la circulación el exceso de calor producido.

Existe una gran controversia sobre la importancia cuantitativa de la termogénesis por temblor en la exposición al frío con respecto a los demás mecanismos termogénicos. Una forma de determinar la importancia del músculo y de los diferentes tejidos en la producción de calor consiste en medir su temperatura. Si se encuentra por encima de la temperatura de la sangre arterial, de entrada podemos decir que el tejido produce y exporta calor hacia los demás tejidos, mientras que si la temperatura está por debajo, asumiremos que es un receptor neto del producido en otras zonas del cuerpo. La contribución de los diversos órganos a la producción de calor se determinó mediante la implantación quirúrgica, bajo anestesia, de pequeños sensores de temperatura (termopares) en diferentes tejidos de la rata.[4] La medida de las temperaturas se realizó una vez que los animales se habían recuperado de la anestesia y de la operación (fig. 1). La temperatura nuclear del animal se determinó colocando un termopar en contacto con la aorta abdominal. La zona muscular escogida para realizar estos estudios fue la extremidad posterior de la rata, dotada de

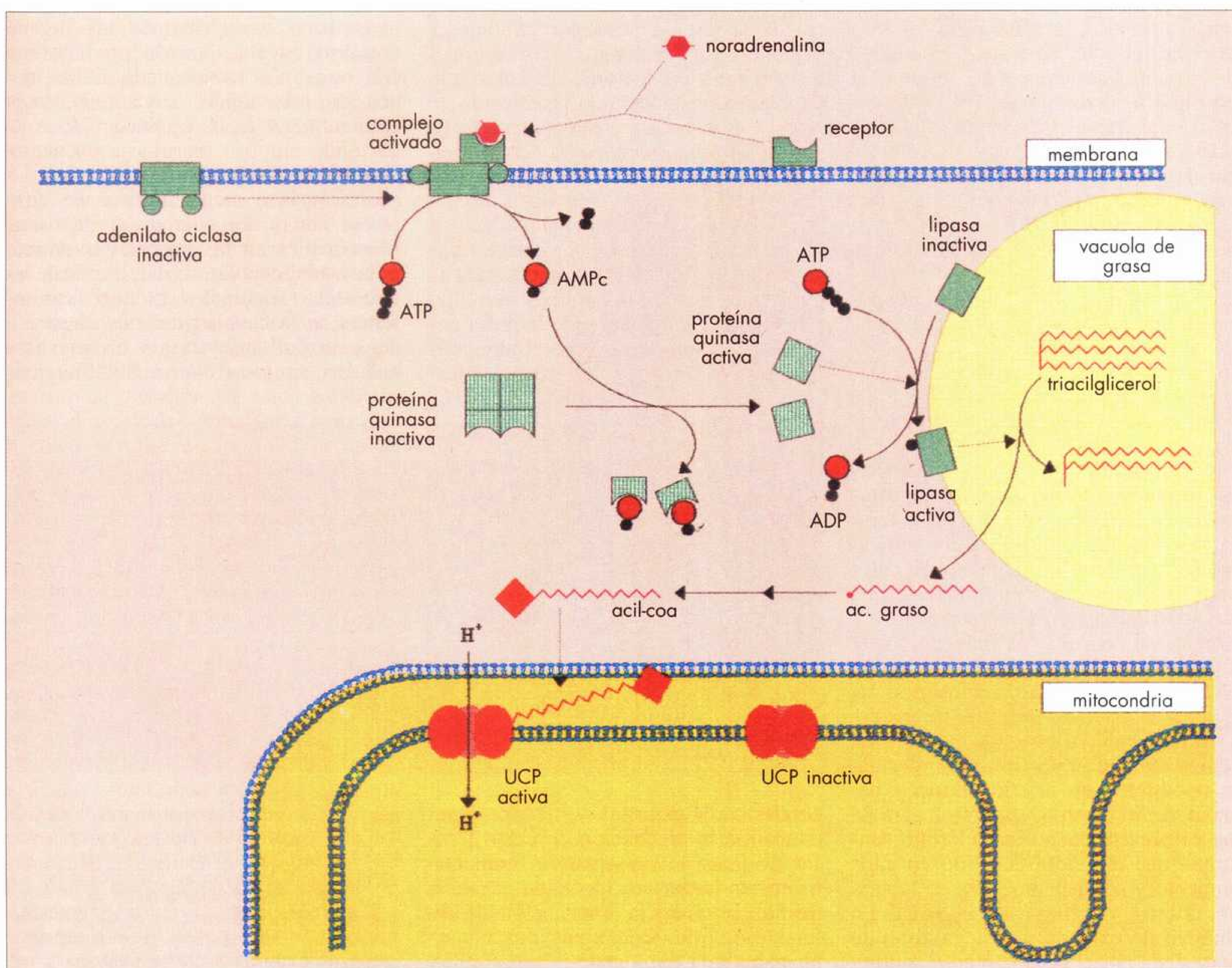


Figura 3. La unión de noradrenalina a su receptor específico en la membrana celular conduce a la activación de la adenilato ciclasa. Este enzima convierte muchas moléculas de ATP en otras de AMPc. Estas moléculas de AMPc se unen a la proteína quinasa inactiva, que se escinde en las unidades reguladoras (que quedan unidas al AMPc) y a las subunidades catalíticas, que son capaces de unir fosfato procedente del ATP sobre moléculas de lipasa, con lo que ésta se activa. La lipasa activa actúa a su vez sobre un gran número de moléculas de triacilgliceroles, liberando grandes cantidades de ácidos grasos. Éstos se activan a acil-CoA que interaccionan con las moléculas de UCP inactiva de la membrana mitocondrial interna. Su unión hace que se abran los poros de la UCP, produciendo los efectos indicados en la fig. 2. El efecto de una pocas moléculas de hormona es espectacular, ya que en cada paso de los descritos se multiplica el número de moléculas implicadas en un efecto de amplificación de la señal biológica conocido como cascada metabólica. (Foto autores.)

(1) A. Sclafani, D. Singer, *Physiol. Behav.*, 17, 461, 1973.
(2) M. Esteve, *et al.*, *Physiol. Behav.*, 56, 65, 1994.
(3) E.A. Newsholme, R.A.J. Challiss, *in Obesity*, cap. 12, 145, J.B. Lippincott Co., Philadelphia, 1992.
(4) D. Closa *et al.*, *J. Therm. Biol.*, 17, 83, 1992.

abundante musculatura, a pesar de que también existen pequeñas cantidades de otros tejidos (tejido adiposo, piel y hueso). Como puede verse en la tabla 1 existen una serie de tejidos (tejido adiposo marrón, riñones e hígado) que tanto a temperatura ambiental (22 ºC) como en la exposición al frío (4 ºC) presentan una temperatura constantemente superior a la aórtica. Por el contrario, el músculo, en todas las situaciones presenta una temperatura inferior, lo que implica forzosamente que en la exposición al frío el músculo de la extremidad, a pesar de que se activa el mecanismo de temblor, es incapaz de generar el calor suficiente como para mantener su temperatura. Por ello precisa del aporte de calor de otros tejidos ya que son mayores las pérdidas de calor al exterior (por la gran superficie de la extremidad) que su propia producción.

Los factores limitantes en la producción de calor por el músculo vienen dados por la disponibilidad de oxígeno y de sustratos, así como del flujo sanguíneo que lo irriga. Cuanto mayor sea el flujo sanguíneo mayor será la capacidad de transporte de oxígeno y sustratos hacia el tejido, y mayor será también la capacidad de intercambio de calor con el resto del organismo. El calor producido por una determinada zona muscular del cuerpo puede calcularse a partir de su consumo de oxígeno, puesto que existe una relación prácticamente directa entre ambos parámetros. La zona muscular escogida fue, de nuevo, la extremidad posterior de la rata. La técnica utilizada esta vez fue la de medir las diferencias arteriovenosas y balances de oxígeno y sustratos, para lo que es preciso cuantificar el flujo sanguíneo que atraviesa el tejido en cada momento y obtener muestras de la sangre arterial y venosa de la zona. La cantidad de oxígeno que llega al tejido viene dada por el producto entre la concentración de oxígeno en la sangre venosa y el flujo sanguíneo. La cantidad de oxígeno que deja la zona se calcula a partir de la concentración de oxígeno en la sangre venosa y el flujo. El oxígeno captado por el tejido constituirá la diferencia entre ambos valores. Un cálculo similar se puede hacer para el calor, ya que conocemos la diferencia de temperatura entre esta zona muscular y el centro del organismo. Esta diferencia multiplicada por el flujo permite conocer el calor captado (la temperatura del músculo es menor que la central) por la zona muscular. En la exposición al frío (4 ºC) el consumo de oxígeno muscular y, por tanto, la producción de calor se doblan con respecto a los 22 ºC (tabla 1). No obstante, a pesar del incremento en la producción de calor, este valor sólo representa un 20 % del total del calor liberado por la extremidad posterior hacia el medio ambiente.[5] Así pues, la importancia del temblor en la producción de calor en la exposición al frío parece ser mucho menor que la de otros mecanismos presentes en otros tejidos.

Oxidación «ineficiente» de sustratos. En la exposición al frío, la existencia de la termogénesis por temblor es evidente. Sin embargo, existen otros mecanismos productores de calor que también contribuyen a la producción de calor y que no se observan tan fácilmente. En el hombre, se ha demostrado la termogénesis sin temblor al tratar a diferentes individuos con dosis no letales de curare para evitar la acción muscular. El curare es una droga utilizada por los indios amazónicos para la caza, que provoca la parálisis muscular y la consiguiente muerte de la presa por parálisis respiratoria. Los individuos tratados con curare eran capaces de responder a la exposición al frío incrementando la producción de calor a pesar de tener la musculatura momentáneamente paralizada.[6]

Se ha postulado la implicación de diferentes tejidos como posibles contribuyentes a la termogénesis sin temblor. Ya hemos comentado que algunos tejidos presentan una temperatura constantemente superior a la nuclear. Estos tejidos (sobre todo hígado, riñón y tejido adiposo marrón) producen y liberan calor hacia el resto del cuerpo. Su papel como tejidos termogénicos está plenamente reconocido. No obstante, lo que aún no está claro totalmente es la importancia cuantitativa de la contribución de cada uno de estos tejidos. Mientras que en los roedores el tejido adiposo marrón parece ser el principal tejido termogénico hay una intensa controversia acerca de que también lo sea en humanos.

Mientras que la termogénesis por temblor es únicamente funcional en la exposición al frío, la termogénesis sin temblor presenta un rango más amplio de actuación, incrementando la producción de calor también en otras situaciones como la termogénesis inducida por la dieta.[7] Se han propuesto una serie de mecanismos que explican la termogénesis sin temblor, como son los ciclos de sustratos anteriormente mencionados. No obstante, la oxidación ineficiente de sustratos que se produce en el tejido adiposo marrón es el único mecanismo específico de un órgano concreto cuya activación no interfiere con otras vías metabólicas. Centrémonos en este tejido, cuya función es esencialmente la de producir calor.

El tejido adiposo marrón se encuentra distribuido en forma de pequeños depósitos más o menos difusos en diferentes zonas del cuerpo: a) depósitos superficiales en las regiones interescapular, subescapular, axilar, cervical, intercostal e inguinal y b) depósitos internos en la cavidad torácica alrededor del corazón, de la aorta y de los vasos que irrigan los riñones. Se diferencia morfológicamente del tejido adiposo blanco por poseer una gran cantidad de pequeñas vacuolas de grasa en lugar de la única vacuola que ocupa casi toda la célula adiposa blanca. De esta forma existe una mayor superficie sobre la que pueden actuar los enzimas hidrolíticos para movilizar las reservas grasas

TABLA 1

ÓRGANO/TEJIDO	TEMPERATURA AMBIENTAL 22 ºC	4 ºC
Hígado	+ 0,19	+ 0,20
Riñón	+ 0,19	+ 0,12
Tejido adiposo marrón	+ 0,33	+ 1,15
Músculo estriado (pata)	– 0,31	– 0,90
Piel (pata)	– 1,17	– 1,62
PARÁMETROS DEL MÚSCULO DE LA PATA:		
Calor liberado (mw)	194	488
Calor producido (mw)	42	100
Producido/liberado (%)	21,6	20,5

Tabla 1. Diferencia de temperaturas entre distintos tejidos de la rata y la temperatura nuclear (aorta abdominal) en condiciones habituales de estabulación (22 ºC) y al ser sometidas al frío (exposición durante 2 horas a 4 ºC). La temperatura nuclear a 22 ºC es de 37,6 ºC y a 4 ºC de 37,4 ºC. Los valores positivos indican tejidos que presentan una temperatura superior a la nuclear y que, por tanto, son productores netos de calor. Cabe destacar especialmente al tejido adiposo marrón, que es el que presenta un valor superior (especialmente en el frío), aunque el hígado y los riñones también se comportan como órganos productores netos de calor. Por el contrario, los tejidos con valores negativos (músculo y piel) necesitan recibir calor del resto del organismo para mantener su temperatura estable. Es llamativo el caso del músculo de la pata que, ni siquiera en la exposición al frío, y a pesar de activarse el temblor, es capaz de generar el suficiente calor como para compensar el total de pérdidas producidas.

en condiciones de elevado gasto energético. El tejido adiposo marrón se caracteriza por presentar una fuerte irrigación sanguínea, lo que le confiere una gran capacidad de aporte de oxígeno y sustratos, y de difusión del calor producido al resto del organismo. Este tejido también tiene un importante nivel de inervación, que permite modular la actividad del tejido, y una gran cantidad de mitocondrias, que le confieren una elevada capacidad oxidativa. Es precisamente este elevado número de mitocondrias lo que da al tejido su coloración marronácea.

Además de presentar una importante irrigación sanguínea, los vasos que conducen la sangre al tejido tienen la capacidad de poderse colapsar, limitando así el paso de sangre hacia el tejido. Se han descrito grandes variaciones de flujo sanguíneo (de más de 200 veces) en este tejido.[8] Un elevado flujo sanguíneo permite no sólo que se produzca una rápida difusión del calor generado hacia el resto del organismo sino que también permite el aporte de grandes cantidades de oxígeno y sustratos hacia el tejido, sustratos que podrán ser oxidados y que posibilitarán el funcionamiento del tejido.

El tejido adiposo marrón presenta una proteína mitocondrial única, que no aparece en ningún otro tejido, la proteína desacopladora o UCP (*UnCoupling Protein*) que es la principal responsable de la enorme capacidad del tejido para la producción de calor. La UCP es una proteína integral de la membrana mitocondrial interna que tiene 306 aminoácidos y una masa molecular de unos 32 kD.[9] Presenta siete dominios transmembrana cada uno codificado por un exón diferente en el gen Ucp.[10]

En todos los tejidos, la oxidación de sustratos provoca la reducción de los coenzimas NAD^+ y FAD que son oxidados a su vez en la cadena de transporte electrónico de la membrana mitocondrial interna de las mitocondrias. La energía química liberada en este proceso de transporte de electrones hasta la oxidación final con oxígeno y la formación de agua provoca la translocación de protones hacia el exterior de la mitocondria, generándose así un gradiente electroquímico. La posterior disipación de este gradiente a través del complejo de síntesis de ATP permite transformar la energía acumulada, en forma de gradiente electroquímico, en energía química (los enlaces fosfato ricos en energía del ATP). Este proceso de oxidación de sustratos hasta producir dióxido de carbono y agua se da en todos los tejidos, incluido el tejido adiposo marrón. No obstante, en este último, la activación de la UCP produce un desacoplamiento entre la cadena de transporte de electrones y la síntesis de ATP (fig. 2). A pesar de estar consumiéndose sustratos (principalmente lípidos) y funcionar la cadena de transporte de electrones, el gradiente de protones no se puede mantener, y por tanto no se sintetiza ATP. La responsable de la disipación del gradiente de protones es la UCP, que al ser activada abre un poro a través de la membrana mitocondrial interna, permitiendo el paso de los H^+ a favor de gradiente de concentración hacia el interior de la mitocondria. La energía acumulada en forma de gradiente se pierde en forma de calor y no se aprovecha para la síntesis de ATP. Cuando cesa la estimulación, la UCP cambia su conformación cerrando el poro, con lo que el sistema recupera su eficiencia normal para la síntesis de ATP, aprovechando la energía de los sustratos oxidados para el mantenimiento de las funciones celulares.

La estimulación hormonal del sistema de la UCP se produce por la acción de las catecolaminas, principalmente la noradrenalina. La estimulación nerviosa funciona de manera similar, ya que las terminales del sistema nervioso simpático que irrigan el tejido segregan noradrenalina directamente sobre la superficie de las células del tejido adiposo marrón.[11] La interacción de la noradrenalina con unos receptores β-adrenérgicos específicos —receptores β_3, característicos del tejido— existentes en la membrana celular produce la transmisión y amplificación de la señal (fig. 3), induciendo la movilización masiva de los triacilgliceroles presentes en las múltiples vacuolas de grasa existentes en el tejido. La hidrólisis de los triacilgliceroles libera una gran cantidad de ácidos grasos, que activan el sistema al unirse a la UCP provocando un cambio conformacional en la proteína y, con ello, la abertura de los poros de protones a través de la membrana mitocondrial. La consecuencia de este desacoplamiento es una menor eficiencia



Figura 4. Comparación entre una rata Zucker control no obesa (Fa/?) y otra obesa (fa/fa). Este tipo de obesidad genética es resultado del defecto de un único gen. La presencia en homocigosis del alelo recesivo fa hace que estos animales sean obesos. (Foto autores.)

(5) C. Adán *et al.*, *J Therm. Biol.*, en prensa, 1994.
(6) K. Jessen *et al.*, *Acta Anaesth. Scand.*, *24*, 1980.
(7) N.J. Rothwell, M.J. Stock, *Nature*, *281*, 31, 1979.
(8) D. Closa *et al.*, *Exp. Physiol.*, *78*, 243, 1993.
(9) C.S. Lin, M. Klingenberg, *FEBS Lett.*, *113*, 299, 1980.
(10) L.P. Kozak *et al.*, *J. Biol. Chem.*, *263*, 12274, 1988.
(11) J.B. Young *et al.*, *J. Clin. Invest.*, *69*, 1061, 1982.

en la oxidación de los sustratos y por ello una mayor producción de calor. Los ácidos grasos constituyen también un importante aporte energético para mantener el proceso, ya que la producción de grandes cantidades de calor sólo es posible si existe una abundante provisión de sustratos que puedan ser oxidados «ineficazmente». Los ácidos grasos constituyen la principal fuente energética que utiliza este tejido, incluso en presencia de niveles elevados de glucosa.[12]

El tejido adiposo marrón puede obtener los ácidos grasos a partir de diferentes fuentes dependiendo del estado nutricional del animal y del tiempo que hace que la estimulación del tejido se ha producido.[13] Estas fuentes incluyen las reservas de triacilgliceroles presentes en el propio tejido, los ácidos grasos obtenidos de la hidrólisis de los triacilgliceroles exógenos contenidos en las lipoproteínas circulantes y la síntesis de ácidos grasos a partir de glucosa en el propio tejido adiposo marrón. En el ayuno, parece que el tejido adiposo marrón puede captar y utilizar también los ácidos grasos libres circulantes del plasma, procedentes de las reservas de triacilgliceroles del tejido adiposo blanco. Se utilizan diferentes fuentes dependiendo del tiempo que haga que se ha producido la activación de la termogénesis; en los primeros instantes el tejido utilizará los ácidos grasos endógenos, que es la fuente energética más rápidamente utilizable. Progresivamente pasará a utilizar los nutrientes que le lleguen por la sangre procedentes de otras partes del organismo: del intestino (derivados de la dieta), del hígado y del tejido adiposo blanco principalmente.

A pesar de que la glucosa no es el principal sustrato utilizado por el tejido adiposo marrón, también se incrementa notablemente su utilización e incluso la de los aminoácidos cuando el tejido es estimulado.[14] La cantidad de transportadores específicos de glucosa presentes en la membrana plasmática del tejido adiposo marrón se incrementa como respuesta a la estimulación crónica del tejido. La glucosa es en su mayor parte (hasta un 90 %) convertida en lactato y piruvato que son exportados hacia el hígado. La síntesis de lactato permite obtener ATP por el proceso de fosforilación a nivel de sustrato y en unas condiciones en las que la generación de ATP por fosforilación oxidativa está inhibida. El ATP es necesario para diferentes procesos celulares como son la activación de los ácidos grasos, la lipogénesis, la generación de AMPc, la síntesis de ARNm y la formación de proteínas necesarias para la activación crónica del tejido, y el funcionamiento de la ATPasa Na^+/K^+, procesos todos ellos estimulados en asociación con la termogénesis incrementada.

La estimulación crónica del tejido adiposo marrón debida a una exposición continuada al frío o por la dieta da lugar a su hipertrofia. Este efecto no implica únicamente una mayor producción de células sino también una serie de cambios selectivos, como son el incremento de la cantidad de mitocondrias, del flujo sanguíneo y de la expresión de genes específicos que al activarse inducen la síntesis de algunas proteínas específicas:[13] 1) La UCP que aumenta su concentración en la membrana mitocondrial interna con el consiguiente incremento en la capacidad termogénica; 2) La lipoproteína lipasa que hidroliza los triacilgliceroles de las lipoproteínas circulantes; 3) Los transportadores de glucosa, proceso que junto con el anterior favorecen la disponibilidad de sustratos.; 4) La tiroxina 5'-desyodasa, que puede llegar a incrementar enormemente su actividad. Este enzima

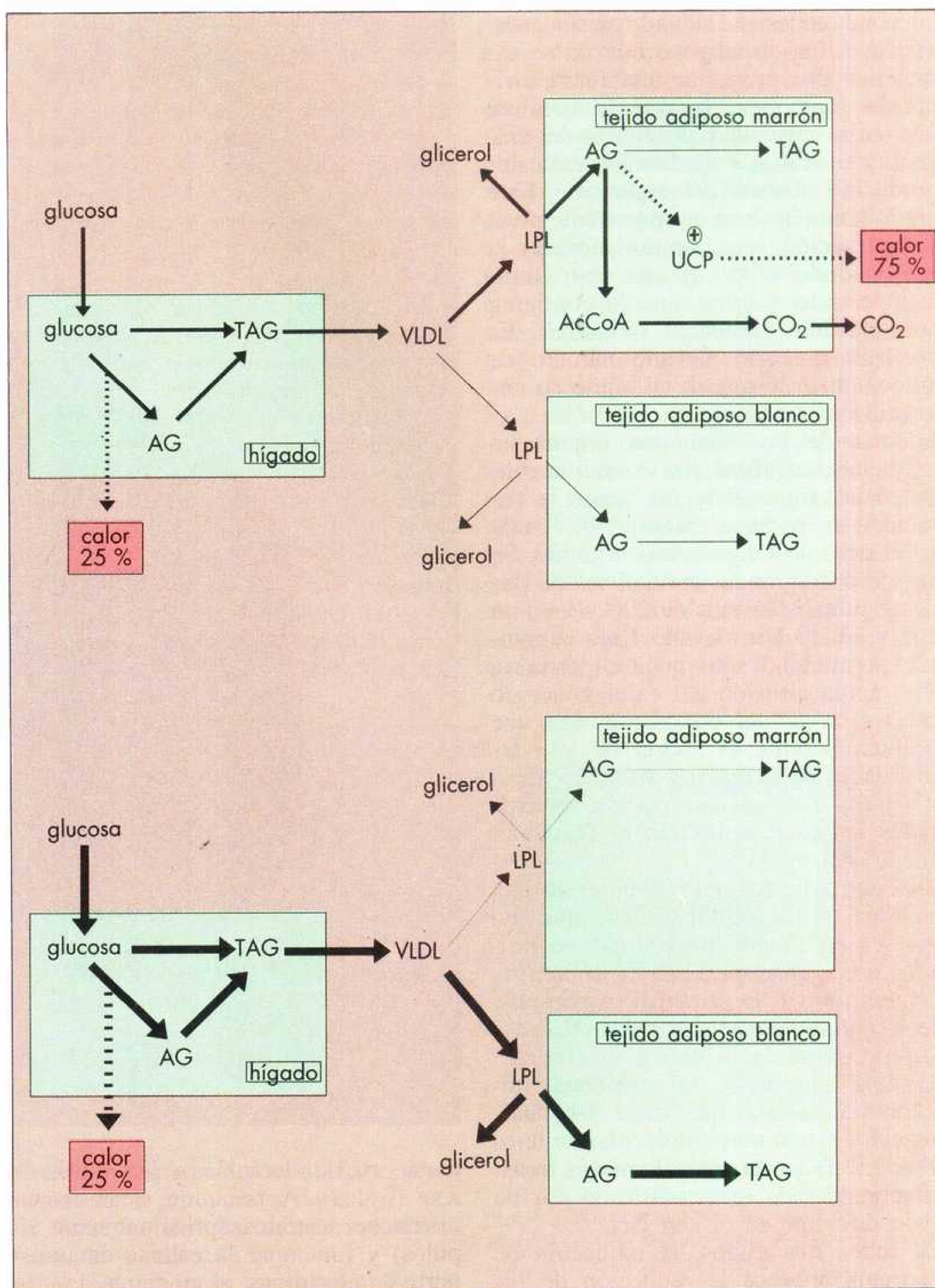


Figura 5. Implicación de la lipogénesis hepática a partir de los glúcidos de la dieta en la deposición de grasa en la obesidad genética de la rata Zucker fa/fa. Parte de la glucosa ingerida es captada por el hígado y utilizada para la síntesis de ácidos grasos (AG) y triacilgliceroles (TAG), que son exportados hacia otros tejidos formando parte de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). En las ratas delgadas (esquema superior) la mayor parte de los triacilgliceroles son captados por el tejido adiposo marrón e hidrolizados por la lipoproteína lipasa (LPL) del tejido. Los ácidos grasos resultantes activan la termogénesis y se oxidan (ineficientemente) evitándose su acúmulo y liberando toda su energía en forma de calor. Por el contrario, en las ratas obesas (esquema inferior) el tejido adiposo marrón no es funcional y los triacilgliceroles formados en el hígado se acumulan en el tejido adiposo blanco. (Foto autores.)

(12) D. Isler *et al.*, *Biochem. J.*, *245*, 789, 1987.
(13) J. Himms-Hagen, *in Obesity*, *cap. 2*, 15, J.B. Lippincott Co., Philadelphia, 1992.
(14) F.J. López'Soriano *et al.*, *Biochem. J.*, *252*, 843, 1988.
(15) G.A. Bray. *Proc. Nutr. Soc.*, *41*, 95, 1982.
(16) M. Esteve *et al.*, *Comp. Biochem. Physiol.* *105A*, 369, 1993.

convierte la hormona tiroidea tiroxina poco activa en la forma metabólicamente activa, la triyodotironina. Esta hormona parece ser que potencia el efecto de la noradrenalina; 5) Las *gap junctions*. Este tipo de unión intercelular se encuentra de manera muy abundante en el tejido adiposo marrón, permitiendo a las células el intercambio de nutrientes o diferentes tipos de señales reguladoras. Existe una buena correlación entre la actividad del tejido y el número de *gap junctions* presentes; y 6) Los receptores adrenérgicos.

Mientras que la estimulación crónica del tejido adiposo marrón produce hipertrofia, la falta de estimulación provoca la atrofia del tejido. Esto, por ejemplo, es lo que ocurre en el ayuno, la aclimatación a la termoneutralidad, durante el ejercicio, en la lactancia y en algunos tipos de obesidad.

LA TERMOGÉNESIS INDUCIDA POR LA DIETA

Existe un componente de la termogénesis que está estrechamente relacionado con la ingesta. Después de una comida se observa un incremento de la producción de calor, que es consecuencia en parte del coste energético de la digestión, absorción y asimilación de los nutrientes. Además de este gasto obligatorio, existe un componente adaptativo que permite disipar la energía consumida en exceso respecto a los requerimientos. Ambos componentes constituyen la denominada «termogénesis inducida por la dieta». No obstante, no siempre la distinción entre estos dos componentes es clara, puesto que el coste energético de algunos procesos obligatorios varía, dependiendo del nivel y tipo de ingesta. El componente adaptativo de la termogénesis inducida por la dieta es debido a mecanismos disipadores de la energía que proveen una forma de control en la regulación del balance energético.

En los últimos años se han estudiado muy intensamente los mecanismos que conducen al desarrollo de la obesidad utilizando sobre todo modelos de obesidad animales que se podrían clasificar en dos grandes grupos, la obesidad de origen dietario y la obesidad genética. En los modelos de obesidad dietaria se han desarrollado dietas específicas —dietas hiperlipídicas como la anteriormente mencionada dieta de cafetería— que producen hiperfagia y obesidad en los roedores. Estos animales se caracterizan por presentar un sistema termogénico activado que, sin embargo, es incapaz de eliminar todo el exceso de energía ingerido. En los modelos genéticos —como los ratones *ob/ob*, *db/db* o las ratas *fa/fa* (fig. 4)— también se produce una ingesta claramente excesiva, aunque ésta no parece ser el principal determinante de la obesidad, puesto que la hiperfagia es bastante variable en los diferentes modelos. Estos animales se caracterizan por presentar una termogénesis disminuida debido al funcionamiento inadecuado del tejido adiposo marrón.[15] De esta forma, el animal es incapaz de responder a estímulos, como la dieta o incluso, en algunos casos, la exposición al frío.

En estudios realizados por nuestro grupo[16] con ratas Zucker genéticamente obesas (*fa/fa*), se constató que cuando se exponen al frío estos animales producen más calor para compensar las mayores pérdidas que se producen. El incremento en la producción de calor se da a pesar de que estos animales presentan un tejido adiposo marrón incapaz de adaptarse y de responder de manera efectiva a la exposición al frío. En este caso son, por tanto, otros los mecanismos y los tejidos responsables de la termogénesis adaptativa. Las ratas Zucker obesas se caracterizan por presentar una intensa síntesis neta de lípidos que se produce, incluso bajo condiciones de exposición al frío, en una situación en la que los animales no obesos manifiestan, por el contrario, una masiva oxidación de lípidos, utilizados esencialmente como sustratos termogénicos. A partir de los datos obtenidos hemos propuesto un modelo que permite explicar el mecanismo de producción de calor por estos animales (fig. 5), así como su hiperfagia y obesidad. El principal componente energético de la dieta de las ratas de laboratorio son los glúcidos. Cuando los animales son expuestos al frío, consumen más alimento para mantener la termogénesis. Buena parte de la glucosa es convertida por el hígado en ácidos grasos. Éste es un proceso relativamente ineficiente, en el que aproximadamente el 75 % de la energía presente inicialmente en los glúcidos se almacena en los lípidos recién sintetizados, pero el 25 % restante de la energía se pierde en forma de calor. De esta manera los animales son capaces de producir importantes cantidades de calor ya en esta primera fase. En las ratas normales sometidas al frío, estos ácidos grasos son utilizados a su vez por el tejido adiposo marrón para producir calor, con lo que, de la energía de la glucosa, una cuarta parte se libera en el hígado y el resto en el tejido adiposo marrón. Las ratas obesas no pueden completar esta segunda parte del proceso y acumulan enormes cantidades de

grasa, ya que sólo pueden liberar en forma de calor la cuarta parte de la energía de la glucosa de la dieta, lo que justifica también su necesidad de ingerir mayores cantidades de alimento que las ratas control para mantener la producción de calor. Así pues, el desarrollo de la obesidad parece ser una consecuencia directa de su necesidad de mantener la temperatura corporal y de su incapacidad de eliminar el exceso de lípidos por un funcionamiento defectuoso del tejido adiposo marrón.

Los estudios realizados hasta el momento implican al tejido adiposo marrón como un centro importante de gasto energético facultativo, sugiriéndose el desempeño de un papel clave en la prevención de la obesidad. Para comprobar este último extremo, recientemente, el grupo del Dr. Flier[17] ha conseguido crear dos líneas de ratones transgénicos que carecen de tejido adiposo marrón. A los 16 días de edad ambas líneas presentaban una importante disminución del contenido de UCP, que se correlacionaba con un gran acúmulo de lípidos y, por tanto, con la aparición de la obesidad. El grado de obesidad obtenido era comparable al encontrado en otros modelos de obesidad genética. Las dos líneas transgénicas difieren en que mientras una de ellas muestra una deficiencia permanente de tejido adiposo marrón, en la otra se produce una regeneración casi completa a las 8 semanas de edad. Esta regeneración del tejido adiposo marrón viene acompañada por la reversión de la obesidad, lo que demuestra que, al menos en estos ratones, la obesidad es consecuencia de una deficiencia de tejido adiposo marrón.

Los estudios experimentales realizados en las últimas décadas con animales parecen confirmar, por tanto, el importante papel del tejido adiposo marrón como tejido termogénico. No obstante, estos datos no han podido ser comprobados en humanos debido a la dispersión de este tejido en las masas de tejido adiposo blanco y de su similitud con el mismo. Únicamente en los neonatos el tejido adiposo marrón presenta la apariencia macroscópica descrita para otras especies. La histología típica del tejido adiposo marrón presente en los niños se modifica con la edad, produciéndose una fuerte acumulación de triacilgliceroles, de forma que las múltiples vacuolas de grasa son sustituidas progresivamente por un número menor, o incluso por una vacuola única.

Estas observaciones puramente anatómicas no prueban que el tejido adiposo marrón no sea funcional en los humanos adultos pudiendo, incluso, ser consistentes con el hecho de que el tejido adiposo marrón humano tenga únicamente un interés filogenético y funcionalmente residual. No obstante, hoy en día parece claro que el tejido adiposo marrón humano es funcional, incluso en los adultos, y que tiene el mismo papel termogénico observado en otros animales. Hay varios argumentos que lo confirman: así, el tejido adiposo marrón adquiere una apariencia funcional, multivacuolar, con un menor contenido lipídico y mayor contenido de mitocondrias bajo condiciones en las que la termogénesis es activa, como puede ser la exposición a ambientes fríos[18] o algunas patologías. En una de éstas, el feocromocitoma, que es un tumor del tejido neural que normalmente se produce en las glándulas adrenales, se caracteriza por una masiva liberación de catecolaminas, que traen consigo una fuerte y continua activación del tejido adiposo marrón.[19]

No obstante, la prueba más clara de la existencia del tejido adiposo marrón en humanos adultos nos viene dada por la demostración de la presencia de la proteína UCP en zonas específicas del tejido adiposo.[20] Recordemos que esta proteína constituye un marcador específico del tejido adiposo marrón, siendo necesaria para el funcionamiento termogénico del tejido. Los niveles de UCP encontrados en humanos son usualmente bajos, pero detectables. Así pues, estas zonas mantienen en el adulto una distinción bioquímica probablemente funcional con respecto al tejido adiposo blanco, que no contiene UCP.

El papel del tejido adiposo marrón en la termogénesis y el control del peso corporal en humanos está cada vez más claro. Es posible que algunos importantes subgrupos de personas obesas tengan defectos en la termogénesis por mal funcionamiento del tejido adiposo marrón. No obstante, no hay evidencia directa de ningún papel del tejido adiposo marrón en la regulación del peso corporal, aunque estudios realizados con efedrina (un agonista adrenérgico) indican que el tejido adiposo marrón es capaz de incrementar el metabolismo del individuo en aproximadamente un 4 a 7 %. En este sentido, una anomalía sólo de un 1 a 2 % del balance energético, no compensada por otros mecanismos podría llevar a una ganancia (sin modificar el nivel de alimentación) de alrededor 1 a 2 kg por año.[21] ■

(17) B.B. Lowell *et al.*, *Nature*, *366*, 740, 1993.
(18) P.K. Huttunen *et al.*, *Eur. J. Appl. Physiol.*, *46*, 339, 1981.
(19) M.M. Melicow. *AMA Arch. Pathol.*, *63*, 367, 1957.
(20) M.E.J. Lean *et al.*, *Clin. Sci.*, *71*, 291, 1986.
(21) M.E.J. Lean, *in Obesity*, cap. 9, 117, J.B. Lippincott Co., Philadelphia, 1992.

PARA MÁS INFORMACIÓN:

- M. Alemany, *Obesidad y nutrición*, Alianza Editorial, Madrid 1992.
- P. Björntorp, B.N. Brodoff, *Obesity*, J.B. Lippincott Co, Philadelphia, 1992.
- L. Girardier, M.J. Stock, *Mammalian thermogenesis*, Chapman & Hall, London, 1983.



LAVOISIER Y LA REVOLUCIÓN DE LA QUÍMICA

¿Qué sabemos de la participación de Lavoisier en la «Revolución Química», al margen de la leyenda que propagaron sus discípulos, provocada por su muerte en el cadalso? ¿Fue Lavoisier el único fundador de la química moderna? La historiografía moderna permite esbozar un cuadro más matizado de la influencia de Lavoisier.

BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT

A

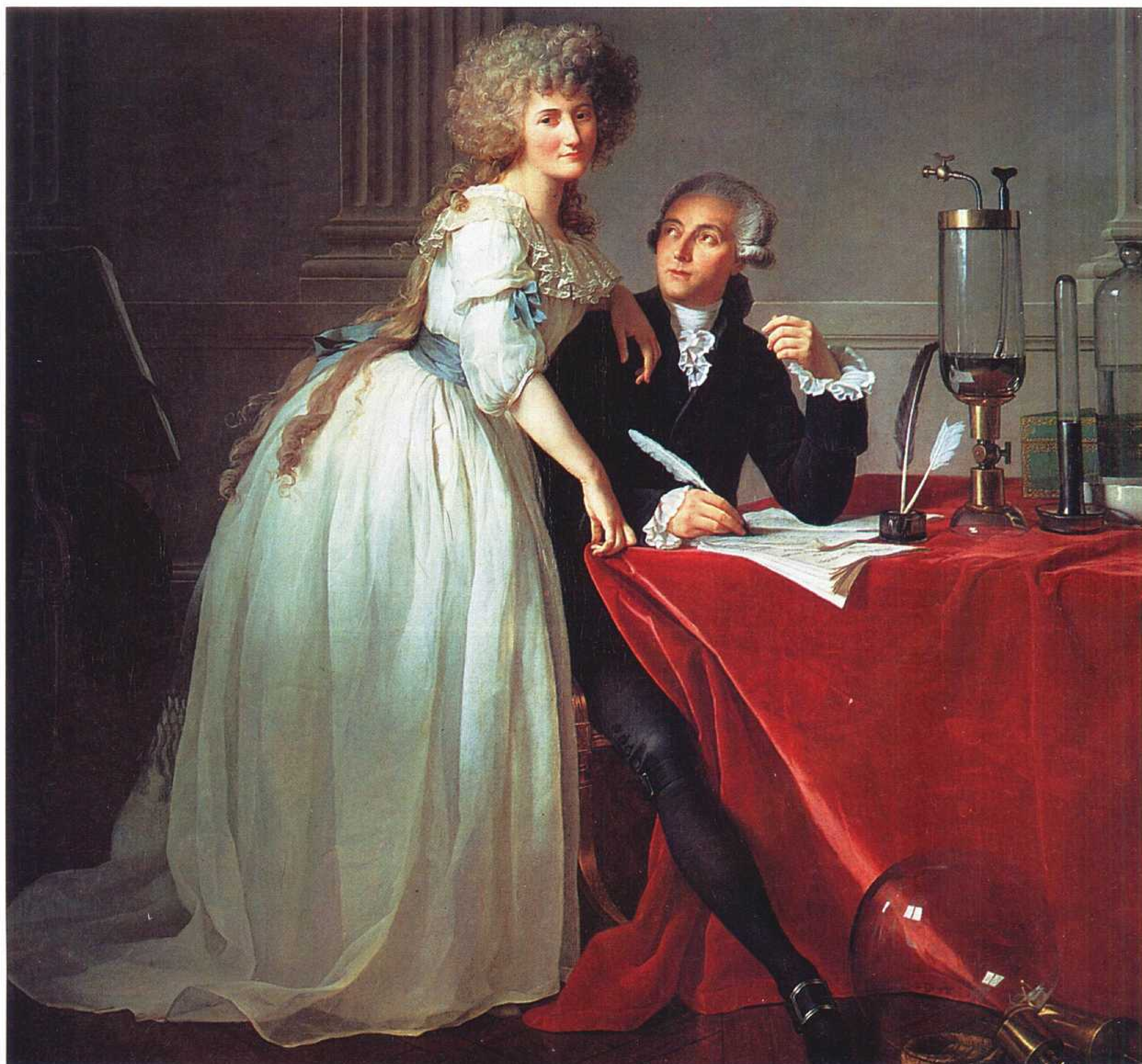


Foto H. Josse

En mayo de 1994, Francia conmemoraba la muerte del que es considerado como el fundador de la química moderna y científica.[1] En la memoria de los estudiantes franceses, la obra de Lavoisier está más o menos asociada a una balanza que permite equilibrar las reacciones químicas y escribir sus balances, así como a una «ley» de conservación de la cantidad de materia —el famoso «nada se crea ni se destruye». Más allá de estos tópicos, se reconoce generalmente en Lavoisier al autor de una revolución científica de una amplitud comparable a las de Galileo o Newton.

Debido a su importancia histórica, la obra de Lavoisier ha sido objeto de múltiples comentarios. A los relatos directos de los actores o testigos de los hechos han sucedido las historias escritas en siglo XIX por los propios químicos, historiadores de su disciplina. Desde los años 1950, dos generaciones de historiadores de la ciencia han producido gran cantidad de análisis tratando de reconstruir en detalle el proceder revolucionario de Lavoisier. Al proponer un breve panorama de estos relatos sucesivos, este artículo no pretende minimizar las contribuciones de Lavoisier sino poner de relieve la dificultad —por no decir la imposibilidad— de reconstruir un episodio histórico tan importante como éste, hasta tal punto está cubierto por estratos de interpretaciones acumuladas, a veces polémicas, a menudo apasionadas.

Si Lavoisier no puede ser considerado responsable de la leyenda tenaz asociada a su proceso («*La República no necesita sabios*», habría dicho el presidente del tribunal revolucionario) y a su muerte en la guillotina, la idea de una revolución fundadora, en cambio, está fuertemente sugerida en sus escritos. Desde sus primeros experimentos sobre los fenómenos de combustión y calcinación de los metales, a la edad de 30 años, Lavoisier declaraba que los experimentos que pensaba llevar a cabo provocarían «una revolución en la física y la química». Entre 1772 y 1789, Lavoisier parece haber llevado a cabo, consciente y metódicamente, un proyecto revolucionario que le condujo de la teoría de la combustión —como combinación con una parte del aire atmosférico— hasta el análisis del aire y del agua, pasando por la teoría calórica del estado aeriforme o gaseoso, una teoría de los ácidos y una interpretación de la respiración como combustión lenta. En 1789, —en su *Tratado elemental de química*, que presentaba como una obra completamente nueva que hacía tabla rasa del pasado para reconstruir el saber químico desde lo simple a lo complejo— procedió a atacar la teoría del flogisto, el principio del fuego supuestamente contenido en los metales y en los cuerpos combustibles que, según se creía, se desprendía en las combustiones y calcinaciones.

A partir de 1785, Lavoisier se propuso convencer del carácter revolucionario de su obra. Tal es el significado del solemne experimento de análisis y síntesis del agua realizado ante un público selecto, con el fin de dar la prueba de sus concepciones y conseguir aliados. Más tarde, la reforma de la nomenclatura química, realizada con un grupo de colegas químicos, desencadenó una fuerte controversia en todos los países de Europa entre el grupo de «conversos» y los partidarios del flogisto. Para los químicos de aquel tiempo, la revolución de Lavoisier consistía en la caída de la teoría del flogisto. Para sustituirlo, Lavoisier y la nomenclatura reformada pusieron en pie una teoría que consagraba al oxígeno como principio portador de las propiedades ácidas (de ahí su nombre: oxi-geno = engendrador de ácidos), como agente de las combustiones y calcinaciones, y como constituyente del aire y del agua, que se consideraban hasta entonces como elementos. La controversia se centró en el flogisto hasta el punto de que la doctrina de Lavoisier era habitualmente designada como «teoría antiflogística» o como «teoría de los químicos franceses». A fines del siglo XVII, la fórmula «revolución química», coreada por varios autores, se banalizó. La expresión designaba entonces la química neumática, o teoría de los gases absorbidos o desprendidos en las reacciones químicas, que empezó a desarrollarse en los años 1750 en Escocia gracias a los trabajos de Joseph Black. Incluso para un discípulo de Lavoisier como A.F. de Fourcroy, la «revolución química» era la obra colectiva de una generación de químicos —Joseph Black, Joseph Priestley, Henry Cavendish, Wilhelm Scheele, Lavoisier, etc. Era, pues, un fenómeno internacional. Poco a poco, la ejecución de Lavoisier, el 8 de mayo de 1794, que suscitó un culto póstumo, fue favoreciendo la identificación de todo el proceso de la revolución química con el nombre de Lavoisier.

En toda lógica, el oxígeno, elemento clave de la teoría de Lavoisier, habría debido de ser rápidamente desbautizado. La concepción del oxígeno como portador de propiedades ácidas fue puesta en tela de juicio, ya a principios del siglo XIX, cuando el célebre químico inglés Humphrey Davy demostró que el pretendido «ácido muriático oxigenado» constaba exclusivamente de hidrógeno y de cloro. Pero esta revisión no socavó la opinión generalizada de que Lavoisier había sido el autor de la revolución.

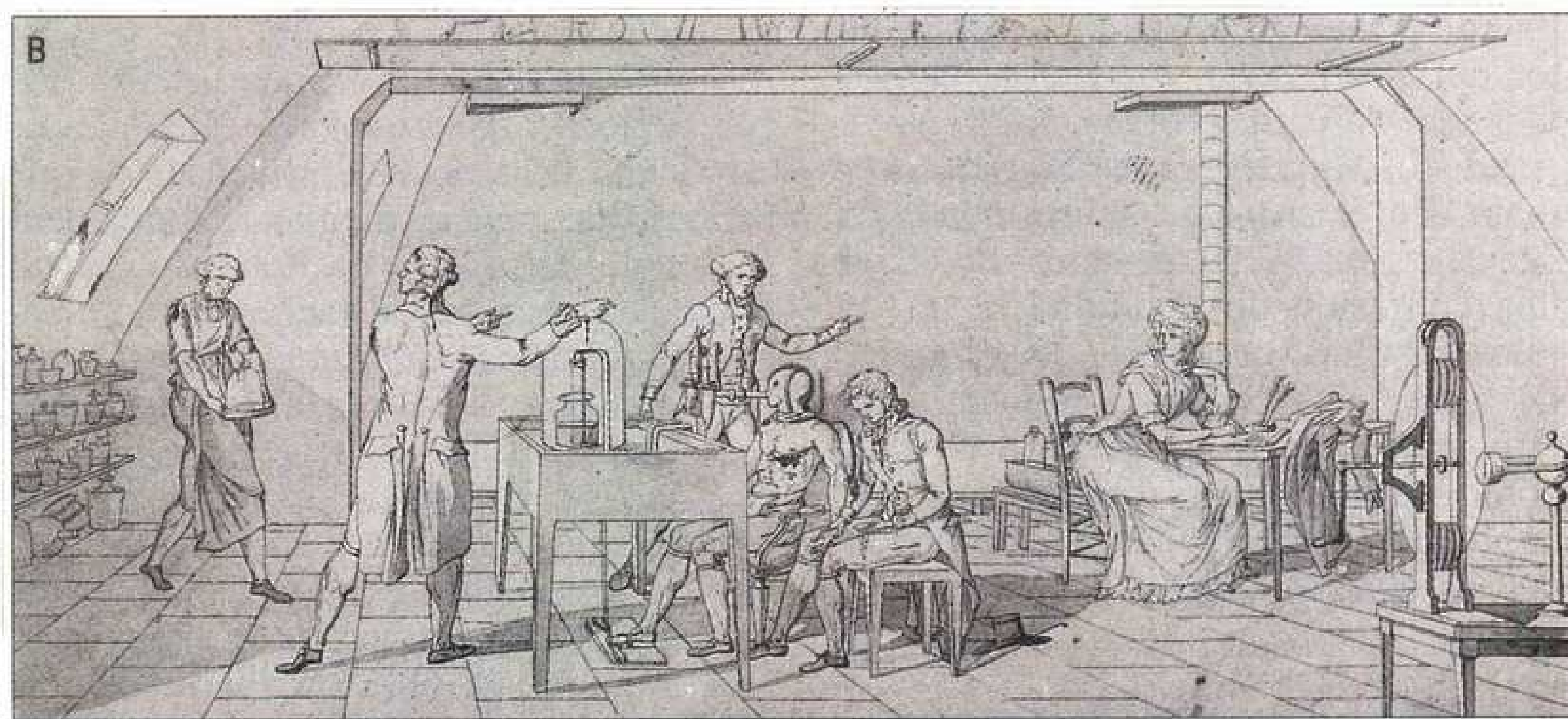


Foto J.-L. Charmet

En mayo de 1994, Francia conmemoraba la muerte de Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), que el pintor David representó junto a su mujer Marie-Anne (1758-1836) (A). Ésta lo ayudaba habitualmente en sus experimentos y le debemos una serie de dibujos que representan a Lavoisier en su laboratorio, aquí realizando un experimento sobre la respiración (B). Marie-Anne Lavoisier no cesó de luchar para reparar las injusticias de que fue objeto su marido y fue sin duda el mejor abogado de la vida y la obra de Lavoisier. Le debemos la primera publicación de los trabajos científicos que él había empezado a reunir. Desde entonces, el estudio de los trabajos de Lavoisier ha suscitado numerosísimos comentarios y polémicas, especialmente en lo relativo al título de «fundador» de la química, que le fue otorgado sobre todo en Francia.

Foto H. Josse

El celo histórico de los químicos del siglo XIX contribuyó a embellecer el recuerdo de Lavoisier. Así, el químico Jean-Baptiste Dumas, iniciador de la publicación de las *Obras* de Lavoisier, lo presentó en 1836 ante el auditorio del Collège de France como una especie de dios de verbo creador, que expulsaba las tinieblas del error mediante el juicio de su balanza, imposibilitando toda revisión de su doctrina. La revolución de Lavoisier quedaba metamorfoseada en fundación, inscrita en la eternidad.

En 1869, Adolphe Wurtz, químico al-

BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT
es filósofa y profesora de la universidad Paris X-Nanterre e investigadora asociada del centro de investigación de historia de la ciencia de la Cité des Sciences et de l'industrie.

saciano, antiguo alumno de Dumas, añadió un motivo patriótico al tema de la fundación: *«La química es una ciencia francesa: fue fundada por Lavoisier, de inmortal memoria. Durante siglos, no había sido más que una colección de recetas oscuras, a menudo mentirosas, para uso de alquimistas y, más tarde, de iatroquímicos. En vano intentó un gran espíritu, E.G. Stahl, a principios del siglo XVIII, darle una base científica. Su sistema no pudo resistir la prueba de los hechos y la poderosa crítica de Lavoisier».*[2] En el contexto de la guerra francoprusiana, esta declaración, que planteaba una clara competición para el título de fundador entre el prusiano Stahl, inventor de la doctrina del flogisto, y el francés Lavoisier, fue entendida como una provocación. Dos químicos alemanes, Hermann Kolbe, profesor en Leipzig, editor del *Journal für Praktische Chemie*, y Jacob Vohlard, profesor de la universidad de Munich, replicaron de inmediato. En el ardor de Wurtz por defender las glorias del pasado veía Kolbe una confesión de debilidad de la química francesa, humillada por el poderío de la química orgánica alemana. Vohlard, por su parte, presentó a Lavoisier como un aficionado diletante que supo explotar los resultados experimentales de sus contemporáneos.

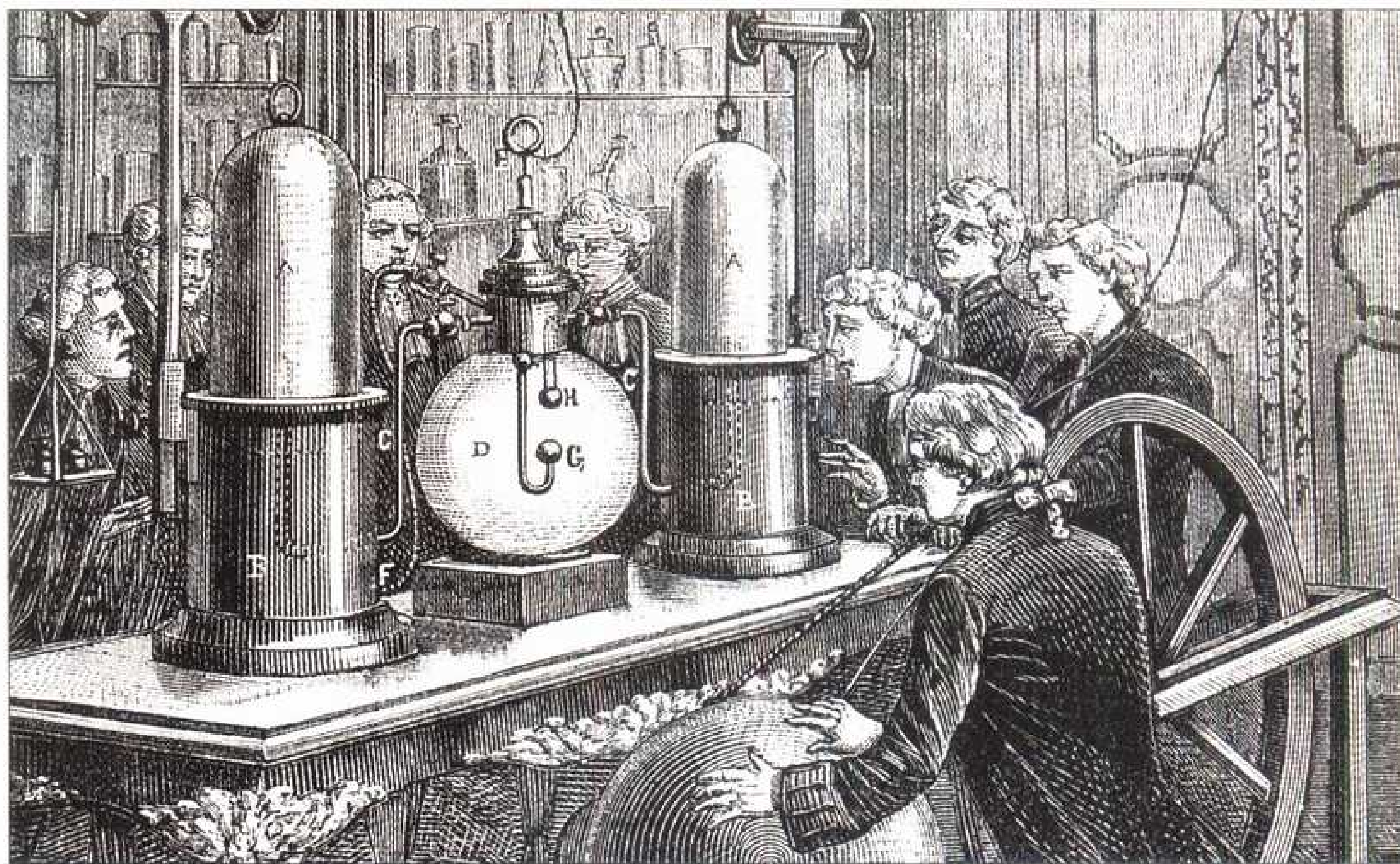
¿CUÁL ES EL LUGAR DE LAVOISIER EN LA REVOLUCIÓN QUÍMICA?

A postre, el resultado más manifiesto de la polémica iniciada por Wurtz consistió en fomentar, en Francia y Alemania, los estudios sobre Lavoisier, y más en general sobre la historia de la química. En 1888, Edouard Grimaux, profesor de química de la Escuela politécnica, publicó la primera biografía de Lavoisier basada en documentos inéditos. En 1890, Marcellin Berthelot celebró el centenario de la revolución química con una obra titulada *La revolución química, Lavoisier*, que hacía público un primer vislumbre de los *Registros de laboratorio* de Lavoisier depositados en la Academia de ciencias.

No obstante, con el aumento de las tensiones internacionales, en vísperas de la primera guerra mundial, recrudeció la polémica. ¿A quién debía corresponder el título de fundador de la química? Tal fue el asunto sobre el que giró la controversia, que se trasladó al mundo de las tesis universitarias y movilizó un importante aparato crítico de historiadores. Respondiendo a la tesis de un erudito alemán, Max Speter, sobre los precursores de Lavoisier, René Lote leyó una tesis en la Sorbona en la que oponía la ciencia alemana, fundamentalmente mística y oscurantista, representada por Sthal, al racionalismo científico francés representado por Lavoisier. La larga resistencia de los químicos alemanes frente a la teoría de Lavoisier se convertía en combate del misticismo contra la razón, de los instintos germánicos contra la inteligencia francesa.[3] Sin embargo, en plena guerra mundial, la obra de Pierre Duhem *¿Es la química una ciencia francesa?* se opuso a una división simplista de la historia de la química y desarrolló una visión continuista más próxima a la de los químicos alemanes. Siguiendo a Duhem, varios historiadores y filósofos de la ciencia, como Emile Meyerson y Hélène Metzger, demostraron prolijamente que la química anterior a Lavoisier era algo más que tenebrosa alquimia, que una colección de recetas o que un cúmulo de errores (véase el recuadro). Muy al contrario, constituía una ciencia coherente y eficaz y gozaba además de legitimidad académica.[4]

Si la imagen de la fundación pereció bajo el fuego de la crítica histórica, la idea de la revolución, en cambio, salió fortalecida. La moda del tema de la «revolución científica» en la historia de la ciencia del siglo XX reavivó el interés por la obra de Lavoisier, que parecía brindar un ejemplo paradigmático de revolución científica.

Pero la idea de revolución planteaba el problema de la datación. En efecto, siguiendo el esquema tradicional, «la» revolución científica se sitúa en el siglo XVII con Galileo y Newton. La química parecía llegar con retraso, ya que había que esperar a Lavoisier hasta fines del siglo XVIII. Aparecía pues como una ciencia rezagada con relación a la física. No obstante, partiendo de análisis cuantitativos, Derek de Solla-Price llegó a conclusiones muy distintas: lejos de ser un efecto retardado de «la» revolución científica, la obra de Lavoisier, para él, marcaba el comienzo de un periodo moderno de inflación de publicaciones, mientras que las revoluciones copernicana y galileana no eran más que sucesos precursores.[5]



Lavoisier parece haber realizado sus trabajos metódicamente; a partir de 1785, se propuso convencer del carácter revolucionario de su obra. Tal es el significado del segundo experimento solemne de síntesis y análisis del agua, representado aquí en un grabado del siglo XIX, con un generador eléctrico en primer plano. El experimento, realizado con grandes gastos ante un público selecto, pretendía suministrar la prueba del carácter compuesto del agua. También pretendía conseguir aliados contra los partidarios del flogisto, principio del fuego supuestamente contenido en los metales y los cuerpos combustibles que, según se creía, se desprendía durante las combustiones. (Foto C. Bailleux.)

La dificultad planteada por esta revolución química «diferida» quedó resuelta en los años 1960 cuando se desarrolló entre los historiadores de la ciencia una reacción contra la tradición positivista. Si se dejaba de pensar la revolución científica como el acto inaugural y único de la ciencia moderna y se la consideraba, en plural, como una serie de acontecimientos históricos localizados en disciplinas, como sugería *La estructura de las revoluciones científicas*, del filósofo de la ciencia norteamericano Thomas Kuhn, entonces la revolución química dejaba de ser problemática. En esta obra célebre, redactada en 1962, se cita a menudo a Lavoisier para ilustrar los elementos característicos de la estructura de las revoluciones: la proliferación de las versiones del flogisto ilustra los síntomas de crisis en el paradigma dominante; el

aumento de peso de los metales calcinados ilustra la anomalía que desencadena la crisis; la lucha entre la química flogística y la química antiflogística ilustra el tiempo de controversia que divide a la comunidad científica en dos bandos; por último, la resolución de la crisis y la victoria del nuevo paradigma son ilustrados por la adopción de la nueva nomenclatura química.

Se presenta también a veces a Lavoisier como el pionero de una segunda revolución científica producida en el siglo XIX. Esta concepción, esbozada por el historiador norteamericano Stephen Brush,[6] fue desarrollada en 1989 por otro historiador norteamericano, Arthur Donovan, que considera la química de Lavoisier como modelo y arquetipo de una segunda revolución científica situada entre 1775 y 1830.[7]

Si, en los años 1960, la revolución química estuvo tan de moda en las universidades norteamericanas, no fue sólo a causa de la obsesión por las revoluciones científicas sino también porque los historiadores disponían de nuevas fuentes. Tras un siglo de tribulaciones, los manuscritos de Lavoisier llegaron a la universidad de Cornell. Como Lavoisier no tuvo hijos, los manuscritos y aparatos de laboratorio, conservados por su mujer después de su muerte, fueron a parar a manos de los herederos de ésta. En 1848, L. Chazelles entregó a la Academia de ciencias una parte de los manuscritos de Lavoisier (entre los cuales los registros de laboratorio) y la publicación de las obras completas comenzó en 1864 con un primer tomo que contenía el *Tratado elemental de química*. Dumas se encargó de la publicación regular de cuatro tomos y, a su muerte, en 1864, E. Grimaux prosiguió la empresa con los tomos V y VI de las *Obras* y la redacción de una biografía de Lavoisier. El proyecto lo prosiguió en 1925 R. Fric, ingeniero químico que trabajaba en la fábrica Michelin de Clermont-Ferrant, admirador apasionado de las obras de Lavoisier. Por su parte, los documentos que poseía E. Chazelles fueron vendidos a un rico coleccionista, industrial y químico norteamericano, D. A. Duveen, que a su vez vendió su colección a la universidad Cornell, que la compró con la ayuda de algunos mecenas. Finalmente, los manuscritos llegaron a los medios académicos, en un periodo crucial de la posguerra en que se operó la profesionalización de la historia de la ciencia en las universidades norteamericanas.

AÑO	ACTIVIDADES DE LAVOISIER	CONTEXTO CIENTÍFICO Y POLÍTICO
1743	Nacimiento el 16 de agosto	Procedimiento de la cámara de plomo en la producción de ácido sulfúrico
1754	Colegio Mazarin	*Enciclopedia* de Diderot
1762	Sigue el curso de Rouelle en el Jardin du Roy	
1763	Diploma de abogado	Paz de París
1765	Primera memoria sobre el yeso	Muerte de Lomonosov Scheele descubre el ácido prúsico
1766	Premio en el concurso sobre alumbrado de la ciudad de París	Cavendish descubre lo que será el hidrógeno Macquer, *Diccionario de química.* Nace John Dalton
1767	Excursión geológica a los Vosgos	
1768	Elección a la Academia de ciencias Entrada en la Ferme générale	
1770	Memoria sobre la trasmutación del agua en tierra	
1771	Se casa con Anne-Marie Paulze	
1772	Experimentos de calcinación del estaño. Pliego sellado enviado a la Academia	Priestley, *Observations on Different Kinds of Air* (1.er volumen)
1774	*Opúsculos físicos y químicos*	Luis XVI sube al trono Priestley aisla lo que será el oxígeno
1775	Comisario en la Régie des poudres et salpêtres. Memoria sobre el aire puro	Ministerio Turgot
1776	Director de la Caisse d'escomptes Memoria sobre el ácido nitroso	Dimisión de Turgot Guerra de independencia americana
1777	Memorias «sobre respiración de los animales»; «Sobre combustión en general»	Trabajos de Scheele sobre los ácidos
1778	Compra de la finca de Freschines	Muerte de Rousseau, Voltaire, Linneo. *Annalen* de Crell.
1780	Experimentos con ácidos. Informe sobre las cárceles	Reforma de la Ferme
1781	Trabajos sobre el calor con Laplace	
1782	Memorias sobre la disolución de los metales y la fermentación	Fourcroy, *Leçons élémentaires d'histoire naturelle et de chimie*
1783	«Sobre la composición del agua», «Reflexiones sobre el flogisto» Teoría calórica de los gases. Entra en la sociedad real de agricultura	Paz de Versalles
1784	Comisión académica sobre los aerostatos Comisión académica sobre Mesmer	Kirwan, *Essay on phlogiston*
1785	Experimento de síntesis y análisis del agua Director de la Academia	Berthollet inventa la lejía. Bergman, *Traité des affinités chimiques ou attractiones éléctives*
1786	Comité de agricultura	Muerte de Scheele
1787	Método de la nomenclatura química. Asamblea del Orléanais	
1788	Traducción anotada del *Ensayo sobre el flogisto* de Kirwan	
1789	*Tratado elemental de química.* Fundación *Annales de chimie.* Memoria sobre la respiración. Motín por un barco de pólvora en el Arsenal	Estados Generales Toma de la Bastilla
1791	Comisión de Pesos y Medidas. Tesorero de la Academia	Huida de Luis XVI a Varenne Abolición de la Ferme. Ataques de Marat
1792	Deja el Arsenal. Trabajos sobre el kilogramo	Valmy. Proclamación de la República
1793	Disolución de la Academia Encarcelamiento de los Fermiers généraux	Ejecución de Luis XVI. Terror Adopción del metro provisional
1794	Ejecución de Lavoisier el 8 de mayo	

(1) «Bicentenaire de la mort d'Antoine Laurent de Lavoisier», París, 3-6 de mayo de 1994; «Negociating a new language for chemistry. Lavoisier in European context», París, 9-10 de mayo de 1994.
(2) C.A. Wurtz, *Histoire des Doctrines chimiques depuis Lavoisier jusqu'à nos jours*, Hachette, 1869.
(3) R. Lote, *Les Origines mystiques de la science allemande*, Alcan, 1913; H. Metzger, *Archeion*, 14, 31, 1932.
(4) P. Duhem, *Le Mixte et la combinaison chimique*, 1902, reed. *in Corpus des oeuvres philosophiques françaises*, Fayard, 1985; E. Meyerson, *De l'explication dans les sciences*, Alcan, 1921; H. Metzger, *Histoire des doctrines chimiques en France du début du 17e siècle à la fin du 18e siècle*,

Henry Guerlac, profesor de esta universidad, dedicó gran parte de su carrera a la historia de la revolución química y formó con sus estudiantes una verdadera escuela de estudios sobre Lavoisier. El propio Guerlac estudió minuciosamente los inicios de la carrera de Lavoisier, reconstituyendo en detalle su itinerario intelectual durante el año 1772 (que consideró crucial porque durante su transcurso aparecen las primeras dudas sobre la teoría del flogisto),[8] mientras que sus sucesores analizaron otros aspectos de la obra del químico.

¿SE EQUIVOCARON LOS HISTORIADORES DE LA QUÍMICA?

Después de treinta años de estudio intensivo de la revolución química véase «Lavoisier, el olvidado», *Mundo Científico,* n.°, 28 setiembre, 1983), intensificada estos últimos años por la conmemoración del bicentenario, ¿ha cambiado mucho la figura de Lavoisier? Un rápido balance historiográfico revela numerosos cambios. La idea de una fundación *ex nihilo*, obra de un genio solitario, no ha resistido al análisis.

Las reiteradas campañas de los historiadores de la ciencia contra la historia sesgada, construida desde el presente —lo que los británicos llaman *wigh history*— han derribado la estatua del fundador. Una magnífica serie de estudios, inspirada en la puesta en guardia de Duhem, Meyerson y Metzger contra el desconocimiento de la química anterior a Lavoisier, ha demostrado que la química del siglo de las Luces fue una ciencia constituida y teorizada, reconocida académicamente, que se desarrollaba en varios frentes: estudio de las sales, búsqueda de los principios constitutivos de las sustancias mixtas, determinación de las afinidades químicas, estudio de los gases, etc.[9] Se ha disociado claramente la revolución de la idea de la fundación de la disciplina química.

Guerlac describía la revolución química como la aparición de un lenguaje y de nuevos conceptos en la confluencia entre dos tradiciones importantes de la química del siglo XVIII: la tradición farmacéutica desarrollada en el continente y la tradición de la química neumática, es decir, el estudio de los gases absorbidos y liberados en las reacciones químicas, especialmente desarrollado en Gran Bretaña. Guerlac, pues, conjugaba finamente dos modelos, un esquema continuista de cambio por acumulación de descubrimientos, y otro discontinuista, que hacía hincapié en la ruptura instaurada por Levoisier.

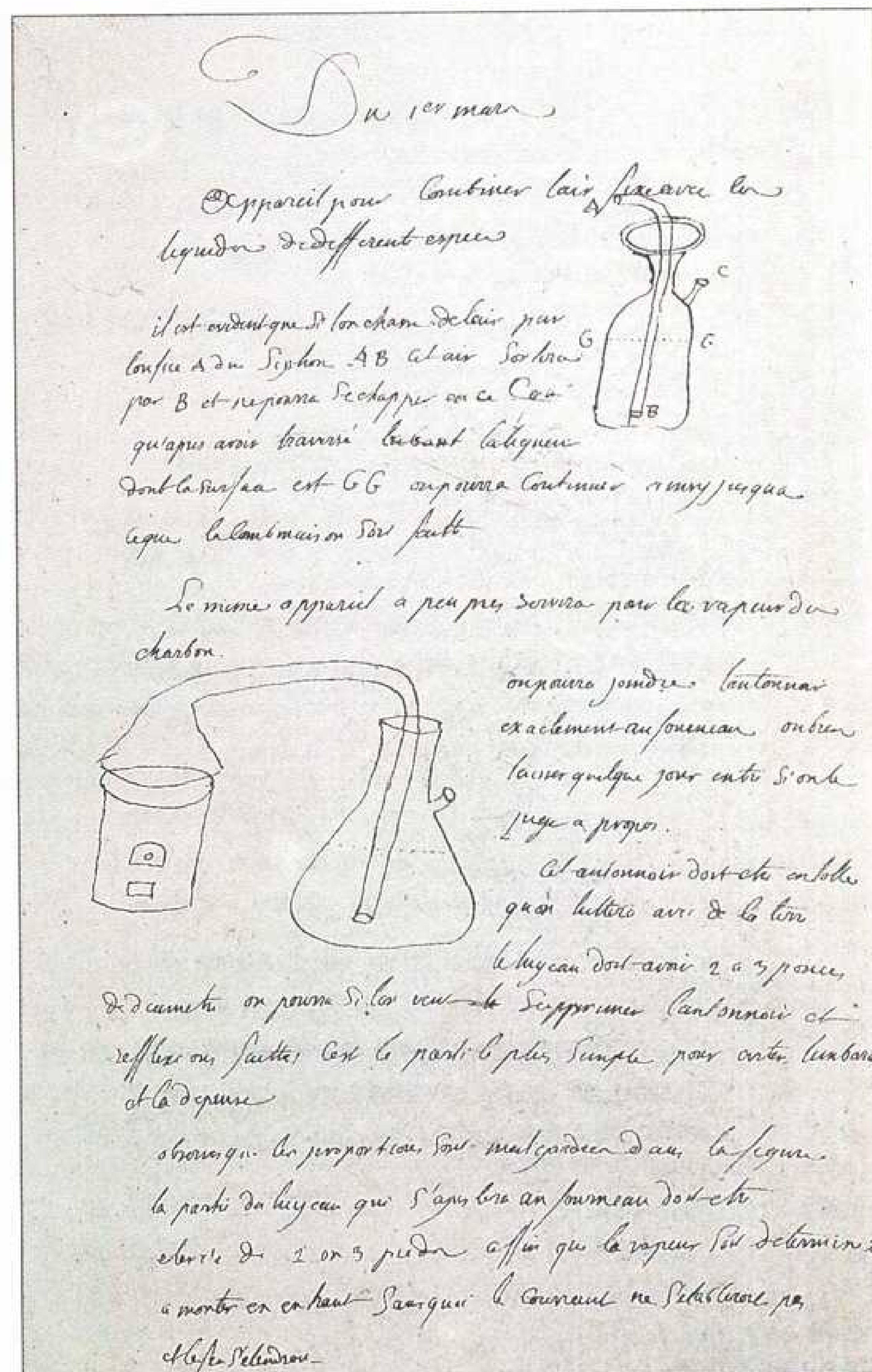
Un segundo resultado fundamental de los estudios sobre Lavoisier es el fin de la competencia entre éste y Stahl. La mayoría de los investigadores admiten ahora que la caída de la teoría del flogisto no fue el aspecto más importante de la revolución química. Por último, se observa desde hace unos años una tendencia bastante clara a descentrar la revolución química, hasta ahora exclusivamente relacionada con Lavoisier. Varias monografías dedicadas a los colaboradores de éste, Berthollet, Guyton de Morveau, Fourcroy, Monge, Hassenfratz y Chaptal[10] han hecho comprender mejor el papel de los discípulos en el triunfo de Lavoisier y han arrojado luz sobre un colectivo minusvalorado frente al culto al genio de Lavoisier.

Este recorrido histórico, ¿permite esbozar un nuevo perfil de la revolución química? La empresa parece difícil, ya que la lectura de cientos de artículos o libros especializados da la impresión de una especie de atomización del episodio llamado «revolución química». Cada autor, con argumentos convincentes, sostiene que ha identificado el nudo de la revolución química. Algunos lo sitúan en la inversión de las ideas sobre la composición química;[11] otros, en la teoría del calórico y la concepción del estado gaseoso, que parece condicionar todo el resto;[12] otros aún, en la exportación de métodos y conceptos de la física a la química...[13]

Es difícil conseguir una visión de conjunto, pues estas tesis rivales favorecen y alientan las disputas de escuelas.

Dado que ya no era de recibo la imagen de una franca ruptura entre la química flogística y la química antiflogística, algunos historiadores partieron en busca de nuevos temas que permitieran exhibir un corte más claro y preciso. El estatus disciplinario de la química pasó a ser un nuevo tema de controversia. Por ejemplo, Guerlac, en un artículo de 1976, presentaba la química como una «rama de la física».[14] Por su parte, Evan Melhado, de la universidad de Indiana, suscitó una cuestión más general: ¿es posible identificar una revolución científica con la formación de una nueva disciplina? La posición de Arthur Donovan es tajante: la obra de Lavoisier constituye algo más que un simple cambio de paradigma; es la creación de una ciencia nueva, la química moderna. No se trata de una revolución *«in chemistry»* sino *«into chemistry»*.[15]

¿Qué queda de las tranquilas certidum-


Du 1er mars
Appareil pour combiner l'air fixe avec les liquides de differentes especes
Le meme appareil a peu pres servira pour la vapeur du charbon

Tras la muerte de Lavoisier, sus manuscritos conocieron un sinnúmero de vicisitudes. Los textos y aparatos de laboratorio guardados por su mujer después de su muerte, pasaron a manos de los herederos de ésta. En 1848, parte de los manuscritos —especialmente los registros de laboratorio— de los que aquí publicamos una página— fueron entregados a la Academia de ciencias. Otra parte fue vendida a un rico coleccionista, industrial y químico norteamericano, Denis Duveen, quien a su vez revendió la colección a la univesidad Cornell. Estos documentos suscitarían en los investigadores norteamericanos un renovado interés por la cuestión, especialmente en Henry Guerlac, profesor de dicha universidad, que dedicó gran parte de su carrera a la historia de la revolución química y formó con sus estudiantes una verdadera escuela de estudios sobre Lavoisier. (Foto J.-L. Charmet.)

bres sobre la revolución química? Interpretaciones fragmentarias, divergentes, rivales, susceptibles de alimentar largas sesiones de coloquios. La revolución química, ¿es más difícil de comprender que en el pasado? Doscientos años después, la historiografía en torno a Lavoisier se encuentra en una situación que recuerda la que se da en el alba de las revoluciones científicas. Tal es el comentario, un poco amargo, que indujo a Carleton Perry a proclamar la urgencia de una síntesis que reuniera todos los fragmentos dispersos de interpretación enmarcándolos en una amplia perspectiva global y comparativa. Perrin empezó esta gran obra, esbozando un modelo dinámico de cambio basado en un proceso no lineal. Poco antes de su muerte, redactó varios ensayos apresurados, notables por su finura y penetración, pero todavía fragmentarios.[16]

El obstáculo que impide la ansiada síntesis parece residir más bien en la filosofía que subtiende las investigaciones. Esto es al menos lo que sugiere F.L. Holmes, de la universidad Yale, muy escéptico sobre toda investigación del nudo o resorte último de la revolución química: en vez de proclamar que el pivote de la revolución es su propio objeto de estudio —la obra fisiológica de Lavoisier—, apunta que todas las partes de dicha obra son solidarias, a modo de piezas de un rompecabezas, que toman forma unas con relación a otras.[17]

Pese a su abundante producción, la «industria Lavoisier» ha omitido durante largo tiempo un problema que sin embargo salta a la vista: ¿cuáles son las relaciones entre los cambios producidos en la ciencia química por Lavoisier y los cambios acaecidos, a fines del siglo XVIII, en las llamadas artes químicas: vidrios, tinturas, farmacopea, etc.? En la época en que los universitarios norteamericanos empezaban a sumergirse en los escritos de Lavoisier para reinterpretar la revolución química, en los estantes de sus bibliotecas debía de figurar una obra cuyo título habría debido retener su atención: *The chemical revolution: A contribution to social technology*. En él no se menciona para nada a Lavoisier. Sólo se habla de extracción de minerales, de desarrollo de vidrios, cerámicas, porcelanas, textiles, tinturas, jabones, que reactivan la producción de álcalis y ácidos minerales, etc.[18] La «revolución química» de los historiadores de la industria no se parece demasiado a la de los historiadores de la ciencia; en gran medida, precede al episodio de Lavoisier y abarca un conjunto de cambios importantes en la producción de los talleres y manufacturas durante la segunda mitad del siglo XVIII. Así se escriben dos historias de la química, paralelas y extrañas una a otra.





Antoine-François de Fourcroy (1755-1804) y Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) fueron ambos defensores de Lavoisier. El primero (A), discípulo de Lavoisier y miembro del colectivo que reformó la nomenclatura, también es uno de los primeros historiadores de la revolución química. Presentó esta revolución como obra colectiva de una generación de químicos: J. Black, J. Priestley, H. Cavendish, W. Scheele, A.L. Lavoisier, etc. Pero la ejecución de Lavoisier, al provocar un culto póstumo, favoreció la identificación de la revolución química con su sola obra, lo cual J.-B. Dumas (B) contribuyó a intensificar al encabezar una campaña de rehabilitación de Lavoisier. En 1836, ante el Collège de France, Dumas presentó la obra de este último en los siguientes términos: «Se nos dice a menudo: la teoría de Lavoisier ha sido modificada, ya no es válida. ¡Error, señores, error! Lavoisier está intacto, es impenetrable, su armadura de acero no ha sufrido mella.» (Fotos J.-L. Charmet.)

El clima de guerra fría en que se desarrolla la historiografía de Lavoisier no alienta excesivamente el diálogo. A fines de los años cincuenta, se planteó la cuestión de la relación entre ambas «revoluciones», que fue brevemente debatida antes de ser enterrada. A propósito del descubrimiento del sistema Leblanc para fabricar sosa artificial, el historiador norteamericano C.C. Gillispie se atrevió a desmitificar la tesis difundida por los sabios más autorizados —Fourcroy, Captal, Cuvier, etc.— según la cual las luces de la ciencia habrían modificado profundamente las técnicas de los talleres.[19] Por su parte, Henry Guerlac ha considerado seriamente el problema a raíz de una tentativa, de inspiración marxista, para conectar la obra de Lavoisier con las presiones económicas. Guerlac rehusó mezclar la economía con la historia y llegó a la conclusión de que la revolución de Lavoisier nada tuvo que ver con los cambios acaecidos en la producción.[20] Así, el debate, saturado por el conflicto ideológico, ha quedado bloqueado. En los años 1980, en Suecia, hubo una tímida reapertura basada en los estudios de casos y en el desarrollo de la mineralogía y de la química.[21]

Durante treinta años, la historiografía acerca de Lavoisier se ha concentrado principalmente en la doctrina. Bien es verdad que las biografías suministraban gran cantidad de datos sobre el destino político de Lavoisier, sobre sus actividades económicas y sus compromisos, pero todo ello formaba parte del decorado y del trasfondo de los análisis de la revolución química. La obra científica de Lavoisier quedaba pura y simplemente sumergida en un contexto social, un conjunto de circunstancias que favorecían o entorpecían su desarrollo. El único que en los años 1950 y 1960 consideró de otro modo de revolución química fue el historiador francés de la técnica Maurice Daumas. Atento a los instrumentos de Lavoisier, a la calidad de sus aparatos de laboratorio y a su funcionamiento, subrayó la importancia de éstos en la revolución química.[22] Pero no hizo escuela entre los historiadores de la química.

La reorientación general de la historia de la ciencia, en los años 1980, hacia un estudio de las *prácticas* científicas comienza a transformar nuestra visión de la revolución química. El estudio

(8) H. Guerlac, *Lavoisier: The crucial year. The background and origin of his first experiments on combustion, 1772*, Cornell University Press, 1961; artículo «Lavoisier» *in* C.C. Gillispie (ed.) *Dictionnary of scientific biography*, 1975; M.P. Crossland, «Chemistry and the chemical revolution», *in* G.S. Rousseau and R. Porter (eds.), *The ferment of knowledge, studies in the historiography of Eighteenth century science*, Cambridge University Press, 1980.
(9) A. Donovan, *Philosophical*, Edinburgh University Press, 1975; F.L. Holmes, *The Eighteenth-century chemistry*, Berkeley University Press, 1989.
(10) M. Sadoun-Goupil, *Le chimiste Claude-Louis Berthollet, 1748-1822. Sa vie, son oeuvre*, Vrin, 1976; E. Grison *et al.* M. Goupil (ed.), *Lavoisier et la révolution chimique*, Sabix/Ecole polytechnique, 1992; W.A. Smeaton, *Fourcroy: chemist and revolutionary*, Cambridge University Press, 1962.
(11) R. Siegfried, B.J. Dobbs, *Annals of Science, 24*, 275, 1968.
(12) J.B. Gough, *in* H. Woolf (ed.), *The analytical spirit: essays on the history of science in honor of Henry Guerlac*, Ithaca, 1982.
(13) E.N. Melhado, *Isis, 76*, 195, 1985; *Studies in the Sociology of Science Past and Present, 8*, 123, 1989.
(14) H. Guerlac, *Historical Studies in the Physical Sciences, 7*, 193, 1976.
(15) A. Donovan, *Osiris, 2nd Series, 4*, 214, 1988.

fino de las prácticas experimentales de Lavoisier, iniciada en los años 1980 por F.L. Holmes, constituye actualmente un campo de investigación muy fructífero. El análisis minucioso de los cuadernos de laboratorio ha demostrado que Lavoisier, aún manifestando la mayor exigencia de precisión en sus medidas, arreglaba a veces los resultados para equilibrar las entradas y las salidas, o bien, por el contrario, consignaba más decimales que los que permitía el margen de error de sus instrumentos. Lejos de desacreditar los trabajos de Lavoisier, estos estudios conducen a una visión más rica de su itinerario creativo de lo que se desprendía de la imagen tradicional de un Lavoisier programando su revolución a partir de una intuición genial de juventud. Invitan a pensar en el significado de estas prácticas experimentales en el contexto filosófico e intelectual de la Ilustración, a fin de situar la influencia de Lavoisier con relación al desarrollo de la medida y de la carrera hacia la precisión en los textos científicos del siglo XVIII. Al respecto, el estudio de las prácticas de escritura y de argumentación de Lavoisier parece prometedor porque permite conocer mejor su originalidad con relación a sus contemporáneos, y en particular, a su adversario Priestley.[23]

Las prácticas de difusión y comunicación, por su parte, son particularmente interesantes para comprender el rápido triunfo de la nomenclatura reformada y de la doctrina antiflogística que la subtiende. Los trabajos que actualmente se realizan en distintos países de Europa sobre la adopción de la nomenclatura de los químicos franceses, tiende a socavar la imagen simplista de una controversia en dos campos claramente diferenciados, en provecho de la imagen de un mundo europeo de químicos que, sin renunciar a sus tradiciones locales, negocian y adaptan el sistema francés.

Dos siglos después, ¿lograremos establecer una imagen coherente de la revolución de Lavoisier? Es de esperar que las nuevas tendencias de la historiografía permitan una mejor comprensión del episodio enmarcándolo en el conjunto de procesos de transformación de la química que tuvieron lugar en el siglo de las Luces. Pero esto no significa que se vaya a disponer entonces de una versión auténtica de la revolución química capaz de anular todas las anteriores. Así como la versión original forjada de Lavoisier no puede tomarse al pie de la letra, ya que su punto de vista fue parcial, tampoco ninguno de los relatos sucesivos forjados por químicos e historiadores durante dos siglos puede ser el único verídico.

Desde nuestro punto de vista, es más bien la puesta en perspectiva de todos estos relatos lo que permite captar la plena significación del suceso llamado «revolución científica». En ciencia, no es posible esperar comprender los procesos creativos sin implicar todas las dimensiones que exigen su realización. ■

La química antes de Lavoisier

La química del siglo de las Luces era ya una disciplina académica y organizada tanto en las técnicas experimentales como en la elaboración teórica.

La química que se enseñaba en París hacia 1760, cuando Lavoisier hizo sus estudios, era un sistema de conocimientos coherente muy distante de la tradición alquímica.

El curso de Jean-François Rouelle, en el Jardin du Roy, estaba inspirado en la doctrina de Ernst-Georg Stahl (1660-1734) que interpretaba gran número de reacciones conocidas en aquel tiempo por medio de elementos-principios. En particular, explicaba la combustión y sobre todo la relación entre dos operaciones que jugaban un papel fundamental en el desarrollo de las minas y la metalurgia del siglo XVIII: la calcinación (oxidación) y la reducción de los metales. En el curso de Rouelle, cada elemento-principio (tierra, aire, agua y fuego o flogisto) tenía dos funciones: constituyente de sustancias mixtas o cuerpos compuestos y agente, o instrumento, de reacciones, por medio de las propiedades poseídas.

Cuando Lavoisier estaba aprendiendo ciencias, la química estaba en plena mutación porque los gases estaban haciendo su entrada en los laboratorios.

Desde Boyle, en el siglo XVII, se conocían las propiedades mecánicas del aire y su elasticidad, pero los químicos no les concedían ninguna importancia. Hacia 1760, los químicos ingleses, por el contrario, se preocuparon por recoger los gases desprendidos en las reacciones químicas. Joseph Black logró aislar e identificar el «aire fijo» (dióxido de carbono) desprendido en las tierras calizas atacadas por el ácido y desprendido por la respiración de un animal. En 1766, Henry Cavendish aisló el aire inflamable (nuestro hidrógeno) y Joseph Priestley identificó una docena de gases, entre los cuales el nitrógeno, al que llamó «aire flogistizado» y el oxígeno, denominado «aire desflogistizado». En esta doctrina de los elementos, el flogisto, invisible y oculto, adquirió el carácter de realidad observable cuando se lo identificó al «aire inflamable» de Cavendish. Pero el flogisto presentaba una dificultad: si la calcinación libera el flogisto contenido el metal, ¿cómo explicar que el metal calcinado pese más que al principio? Éste es el problema que sembró las primeras dudas acerca del flogisto en la mente de Lavoisier, hacia 1772.

Calcinando estaño en una retorta sellada y pesando minuciosamente, antes y después del experimento, cada pieza del montaje y el conjunto, Lavoisier estableció que el aumento de peso del metal calcinado se efectuaba a expensas de una parte del aire contenido en la retorta. Pero para pasar de estas primeras sospechas al socavamiento de la teoría de Stahl hizo falta mucho más que un experimento: quince años de trabajo con numerosos experimentos sobre la combustión, la respiración, los ácidos y una elaboración teórica cuya pieza maestra fue la concepción del estado gaseoso: toda sustancia puede ponerse en estado aeriforme por combinación con el calórico (sustancia del calor), que ejerce un efecto de repulsión entre las moléculas.

(16) C.E. Perrin, *History of science, 25*, 1987, pp. 395-423; *Osiris, 2nd Series, 4*, 53, 1988; «The Chemical Revolution: Shifts and Guiding Assumptions», *in* A. Donovan, L. Laudan (eds.), *Scrutinizing science*, Kluwer Academic Publishers, 1988; *Ambix, 36*, 6, 1989; *British Journal of the History of Science, 22*, 3, 1989.
(17) F.L. Holmes, *Lavoisier and the chemistry of life: an exploration of scientific creativity*, University of Wisconsin Press, 1985.
(18) A. y N. Clow, *The chemical revolution: A contribution to social technology*, Batchworth Press, 1952; J.G. Smith, *The origins and early development of the theory of the heavy chemical industry in France*, Clarendon Press, 1979.
(19) C.C. Gillispie, *Isis, 48*, 152 y 398, 1957.
(20) H. Guerlac, *Chymia, 5*, 73, 1959.
(21) T.M. Porter, *Annals of Science, 38*, 543, 1981; E.N. Melhado, *Lychnos*, 229, 1990.
(22) M. Daumas, *Chymia, 3*, 45, 1950; *Les instruments scientifiques aux XVII^e^ et au XVIII^e^ siècles*, PUF, 1953; *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, PUF, 1953; *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, PUF, 1955.
(23) J.V. Golinsky, *Science as public culture: chemistry and Enlightenment in Great Britain 1760-1820*, Cambridge University Press, 1992; J.V. Golinsky y L. Roberts, *Eighteenth-century: Essays and interpretation, 33* (3), 1992.

MUNDO CIENTIFICO

BASE DE DATOS
de uso público y gratuito



Consulte gratuitamente a través de su ordenador personal vía módem *los índices* de *Mundo Científico.* Podrá realizar la consulta por número de revista, fecha de publicación, autor, tema, etc.

Editorial Fontalba ha creado la primera Base de Datos del sector editorial que le permite acceder a los índices de todas sus revistas: *Mundo Científico, Cuadernos de Pedagogía, CLIJ, Cuadernos Jurídicos, Anuario de Psicología, Boletin Agropecuario.* Los índices contienen la referencia de más de 7.000 artículos, fácilmente localizables según diversos criterios de selección. La *Base de Datos de Editorial Fontalba* ofrece también un buzón electrónico con múltiples servicios como petición de números atrasados, gestión de suscripciones, notas para redacción, petición de fotocopias de artículos seleccionados, inserción de publicidad, etc.

Establecer comunicación con el teléfono (93) 416 18 85
mediante el programa de comunicaciones.

Requisitos para la conexión:
- Ordenador personal.
- Módem compatible Hayes.
- Programa de comunicaciones estándar.

Si desea podemos facilitarle gratuitamente un programa específico para conectar directa y fácilmente con nosotros.

Especificaciones técnicas:
- Velocidad: 1.200 baudios.

Bits de datos 8.
Paridad N.
Bits de stop 1.

EDITORIAL FONTALBA, Pérez Galdós 36, 08012 Barcelona. Tel. (93) 415 67 71* Fax. (93) 416 18 57

FRANCISCO AYALA, UN ESPAÑOL UNIVERSAL

EL DOCTOR FRANCISCO AYALA ES UNO DE ESOS ESPAÑOLES UNIVERSALES. NACIDO EN MADRID EN 1934, ES PRESIDENTE, DESDE FEBRERO DEL AÑO PASADO, DE LA ASOCIACIÓN AMERICANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA (AAAS), EDITORA DE LA PRESTIGIOSA REVISTA *SCIENCE*. ADEMÁS, EL DOCTOR AYALA ES *DONALD BREN PROFESSOR OF BIOLOGICAL SCIENCES* Y PROFESOR DE FILOSOFÍA EN LA UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, EN IRVINE. SUS INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SE CENTRAN EN LA GENÉTICA DE POBLACIONES Y EN LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA. DOCTOR HONORIS CAUSA POR VARIAS UNIVERSIDADES (COMPLUTENSE, BARCELONA, LEÓN Y ATENAS), HA PUBLICADO MÁS DE 500 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS Y 12 LIBROS.



El Doctor Ayala es especialista en genética de poblaciones. Cree que los últimos avances científicos en el campo de la biología molecular van a permitir obtener secuencias de forma rápida. Con ello, se podrá contrastar la información existente con la nueva; algo que propiciará nuevas teorías. Una pieza clave en esta disciplina científica es la Drosophila. *(Foto I. Fernández/J. Rozas.)*

En una visita relámpago a Barcelona, donde asistió a un coloquio sobre Evolución, el doctor Ayala recibió a *Mundo Científico* para comentar algunos aspectos de la actualidad científica

Mundo Científico: *Usted, como especialista en genética de poblaciones, ¿cómo cree que influyen los últimos avances científicos en esta disciplina?*

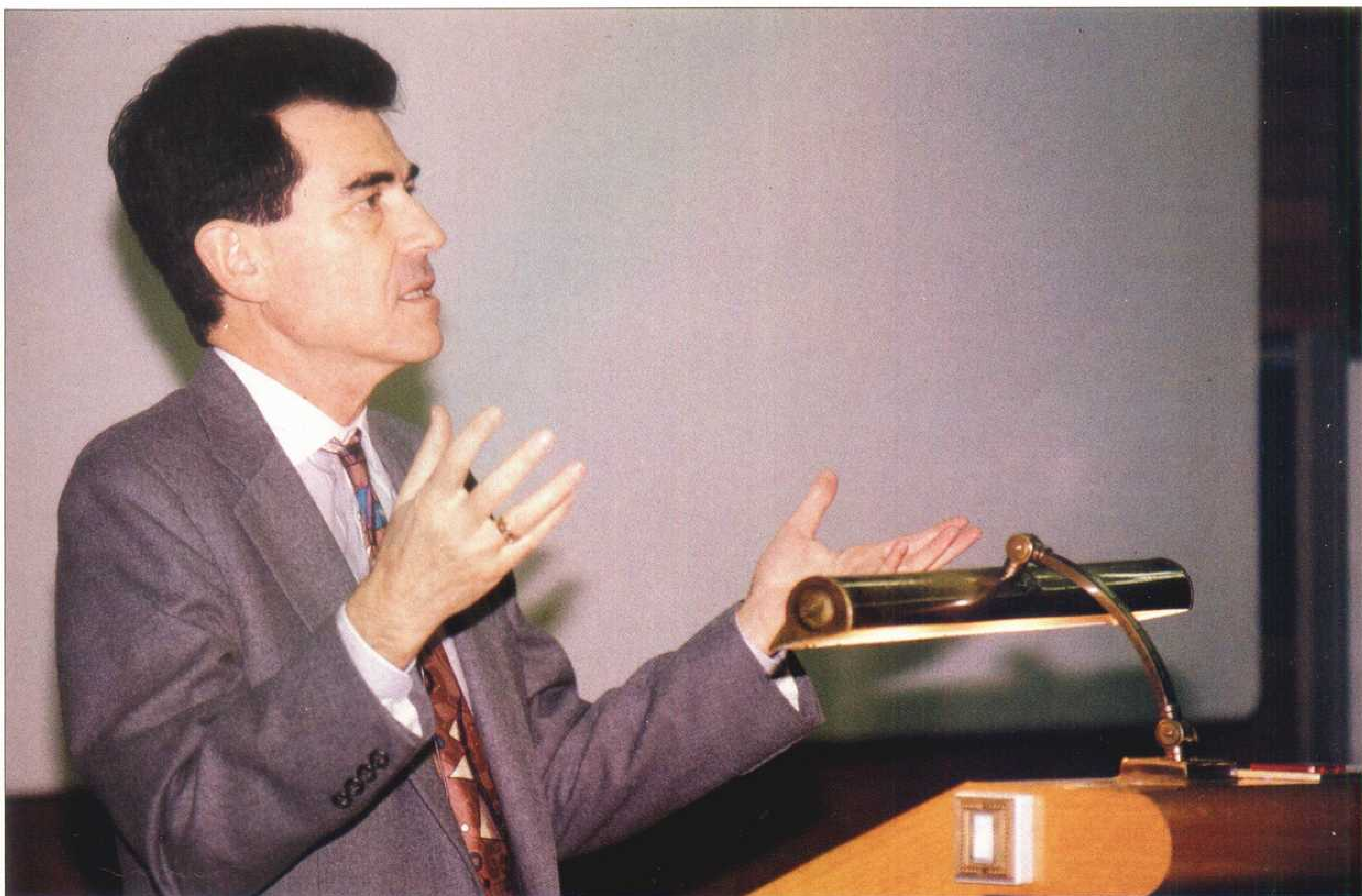
Francisco Ayala: La biología molecular ha abierto el campo de la genética de las poblaciones de una forma extraordinaria, ya que de pronto podemos medir la variación existente a nivel molecular de un modo preciso. El campo que había madurado en los años cuarenta y cincuenta, y sobre todo en los sesenta, se había estancado y se había convertido en un campo predominado por polémicas teóricas —neutralismo y seleccionismo, por ejemplo—. Gracias a los nuevos descubrimientos podemos analizar los problemas de una manera hasta ahora no conocida, y así intentar resolverlos. En el momento actual, la biología molecular permite conectar los datos y obtener así la información que se precisa para comprobar y contrastar los problemas teóricos y finalmente avanzar en la investigación. Aunque los avances sólo están en fase inicial, las posibilidades ya se han abierto, sobre todo con las nuevas técnicas de obtener información genética rápida y fácil, como la PCR.

Hasta hace poco tiempo, el mayor problema con el que se encontraba el investigador de genética de poblaciones era conseguir una secuencia molecular, pues se trataba de una labor que llevaba mucho tiempo. Debemos considerar que para hacer un análisis de genética de poblaciones hay que tener muchas secuencias de muchos alelos y muchos individuos en varias poblaciones. Sólo estos avances de la biología molecular permiten obtener secuencias rápidamente, o al menos marcadores de forma rápida. En fin, que esto es lo que va a suceder en los próximos 20 años: con esta información comprobar las teorías existentes y contrastarlas, lo que propiciará nuevas teorías, como ya ocurre.

M.C.: *¿Cuáles pueden ser las implicaciones del Proyecto Genoma Humano en la genética de poblaciones?*

F.A.: Tal y como estaba definido inicialmente, no se hacía explícita la formulación de la variación genética, a pesar de mis esfuerzos. Yo fui presidente del comité del National Research Council —nombrado por el comité titular con la intención de que llevara a cabo el proyecto—, y durante todo ese proceso, incluso también después, seguí insistiendo en que una de las dimensiones del proyecto debía ser estudiar la variación. Todos los biólogos moleculares estaban de acuerdo, pero no se ponía esta propuesta en primer plano. Una vez que el programa estuvo en marcha, yo pasé a formar parte del consejo nacional del Proyecto Genoma Humano, hasta que renuncié hace unos meses, cuando fui nombrado presidente de la AAAS. Entonces yo estaba ahí para servir un poco de conciencia.

Una de las dimensiones del proyecto era estudiar la variación humana y la de especies afines a nosotros, como los chimpancés y los gorilas. El paso siguiente fue formular un modo de acción, de estudiar la diversidad humana como parte del Proyecto Genoma Humano. Justo en este momento se está constituyendo un nuevo comité que debe formular las reglas de juego del modo en que se va a llevar



Francisco Ayala es Donald Bren Professor of Biological Sciences *en Estados Unidos. Es especialista en genética de poblaciones y evolución biológica. Desde el mes de febrero del año pasado ocupa el cargo de presidente de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia. Ha publicado más de 500 artículos y 12 libros. (Foto I. Fernández.)*

a cabo este estudio de la diversidad humana. Es la dimensión de la genética de poblaciones.

M.C.: *¿Ha cambiado algo su modo de pensar sobre la teoría neutralista a raíz de los nuevos estudios de DNA?*

F.A.: Sí, de manera muy importante. Creo que de pronto lo que quiere decir neutralismo se ha definido más y su ámbito se ha reducido mucho. Lo que ha ocurrido con los estudios a nivel de DNA es que se observa que las tasas de evolución de los nucleótidos que no cambian los aminoácidos y los que sí los cambian —sustituciones silenciosas o no silenciosas— son siempre diferentes. Esto significa que los que cambian están sujetos a reglas diferentes, y sólo se pueden explicar como resultado de la selección natural. Todo ello hace posible aplicar a los cambios silenciosos la teoría neutral, y también a los nucleótidos que pueden jugar un papel informativo.

Esto, ya digo, redefine la cuestión. Por un lado la limita, porque ya se han eliminado los cambios de aminoácidos, puesto que se acepta, generalmente, que no son neutrales. Pero tiene la ventaja de que como estos cambios —sean totalmente neutrales o no, que algunos o muchos de ellos lo serán, e incluso si no lo fueran, el nivel de selección es mucho menor— pueden utilizarse para medir las tasas de evolución y aplicar el reloj molecular y demás. Es decir, que el problema se ha redefinido, de modo que abre la posibilidad nueva de comparar las tasas de evolución de los diferentes componentes del DNA, y, por tanto, utilizarlos como un reloj molecular.

M.C.: *¿Y cómo cree que afectan estos nuevos avances de la biología molecular a los estudios del proceso de especiación?*

F.A.: Los estudios moleculares han mejorado nuestra habilidad de medir o comprender las diferencias que existen entre las especies, pero no han contribuido mucho a comprender el proceso de especiación. En mi opinión, hasta que no lleguemos a comprender un poco mejor las relaciones entre genes, y los genes reguladores en particular, no vamos a poder ver con claridad el problema de la especiación. Ésta es un área en que la biología molecular no ha contribuido a su avance.

M.C.: *¿Cree que los estudios genéticos van a sustituir a los clásicos estudios morfológicos, en lo que a determinación de especies se refiere, tal y como parece haber ocurrido con los cetáceos, los gorilas y los chimpancés?*

F.A.: No. La biología molecular no tiene por qué desterrar a los estudios clásicos, ya que éstos son válidos, precisamente, al nivel en que se hacen. Estos gorilas a los que hace referencia no sólo tienen geografía distinta, sino también estilo de vida y morfología diferentes. El estudio morfológico es un conocimiento válido en sí mismo. Hay que estudiar las cosas a niveles distintos. El concepto de especie continuará basándose en el aislamiento reproductivo. Si no hay aislamiento reproductivo, no se debe hablar de especies diferentes. Y ese problema se resuelve a nivel de los organismos, no a nivel de DNA.

Respecto al trabajo sobre los chimpancés, creo recordar que los investigadores habían reconocido ciertas diferencias morfológicas y, sobre todo, de hábitos: las costumbres sociales son muy distintas. Entonces, cuando miraron las diferencias existentes a nivel molecular, encontraron que son comparables a las que existen entre la otra especie de chimpancé, que ya se conocía como especie. Es decir, utilizaron la biología molecular más bien como una metodología confirmativa. Lo que sí suele ocurrir frecuentemente cuando se hace este tipo de análisis molecular es que se descubren nuevas especies. Creemos que son una misma especie, pero al hacer un estudio molecular nos percatamos de que se trata de dos organismos distintos, de modo que se ha

descubierto una nueva especie. Esto no invalida que, al final, lo que tiene importancia es lo que pasa entre los organismos, no lo que ocurre a nivel de DNA.

M.C.: *Parece ser que la opinión pública está cada vez más sensibilizada con el tema de la manipulación genética. ¿Piensa que el reciente estudio sobre clonación con embriones humanos ha hecho mella en la credibilidad ética de los científicos?*

F.A.: Depende. El mayor problema, en mi opinión, es la ignorancia. La gente cree que los científicos cogen un óvulo de una chimpancé y lo fecundan con esperma de un hombre. Esto no hay científico que lo haga por una razón muy buena: la ética. Hacer eso sería inmoral y no habría manera de argumentarlo. Por eso está prohibido. La gente piensa que los científicos llevan a cabo muchas investigaciones que están formalmente prohibidas, pero debería saber que en todos los países occidentales si un científico hace eso va a la cárcel. No sólo le quitan los derechos de investigación, sino que también va a prisión. Esto quiere decir que ese tipo de experimentos no se hace. Además, ¿qué conseguiría un científico investigando algo prohibido? ¿Creen que los resultados que obtenemos los científicos los guardamos en nuestra cuenta corriente del banco? Mire, lo que cuenta es la publicación de nuestros trabajos y el reconocimiento por parte de otros científicos. Por ello uno no hace algo que está prohibido y no va a poder publicar y que, por tanto, no va a poder dar crédito de ello. Insisto: eso no se hace, y si se hiciera, sería inmoral.

Lo interesante es que han sido los científicos los que han comenzado a resolver los problemas de responsabilidad en este punto clave de la genética molecular. Eso no significa, en cualquier caso, que ya esté todo bien resuelto. Fuimos los genéticos los que dijimos que convenía reunirse, pues estos problemas éticos pueden despuntar en un futuro no muy lejano, de modo que conviene establecer reglas éticas que permitan controlarlos. Fue entonces cuando el gran público —los escépticos, las comunidades religiosas y los gobiernos— comenzó a involucionar. Lamentablemente, la gente tiene una opinión muy equivocada de lo que los científicos hacían en esta materia. No quiero decir que todos se porten bien, ni mucho menos. También hay abusos, aunque no tantos ni del tipo que la gente cree. Todo se resolverá gradualmente. También los periodistas, en ocasiones, exageran un poco los significados de los trabajos que se hacen. Curiosamente, en las últimas conversaciones que he tenido con Su Majestad la Reina de España, allí en California, me dijo: «Ay doctor Ayala, las barbaridades que ustedes están haciendo, cada vez barbaridades mayores». Y yo le respondí que ese tipo de cosas no se hace, que no tiene sentido porque no serviría para nada.

En cuanto al caso de la clonación de embriones humanos, es un caso distinto. Creo que los valores éticos, en ese caso, pueden ser buenos o malos dependiendo de la perspectiva. Se habla de niños



Ante los últimos estudios genéticos que se están presentando, en los que la biología molecular da su «opinión» sobre la determinación de especies (caso de los gorilas, chimpancés o cetáceos), el doctor Ayala considera que este tipo de estudios «no tienen por qué desterrar a los clásicos, basados en la morfología. Debemos ver en la biología molecular una metodología confirmativa». (Foto Juan Corona.)

Para el doctor Ayala, los científicos se mantienen fieles a los principios éticos que ellos mismos se han preocupado de establecer. No cree que haya experimentos extraños, porque «lo que cuenta son las publicaciones y el reconocimiento de los colegas», y un experimento prohibido sólo conduce a la cárcel y al descrédito. (Foto I. Fernández.)

iguales, de clones, pero eso es exagerado, porque son unas cuantas células, y yo a eso no le llamo niño. No tiene sentido ni tiene nada. Es una masa de células, menos de las que hay en una muestra de mi piel.

M.C.: *¿Sigue siendo la publicación en las revistas científicas especializadas el camino idóneo para hacer públicos los avances científicos?*

F.A.: Para hacerlos públicos entre los científicos, sí. Y por una razón muy buena: porque es ahí donde se controla la calidad del trabajo. El proceso de publicación escrita implica una revisión de los trabajos. Las revistas envían los trabajos a especialistas para que los estudien y revisen, de manera que se asegura que la investigación esté bien hecha. Es la mejor manera de controlar la calidad. Hacer públicos los resultados yendo directamente a otros medios que carecen de control es faltar al rigor científico. De hecho, muchas revistas científicas no publican trabajos que se hayan hecho públicos antes de pasar la revisión científica pertinente y de haber sido aceptados.



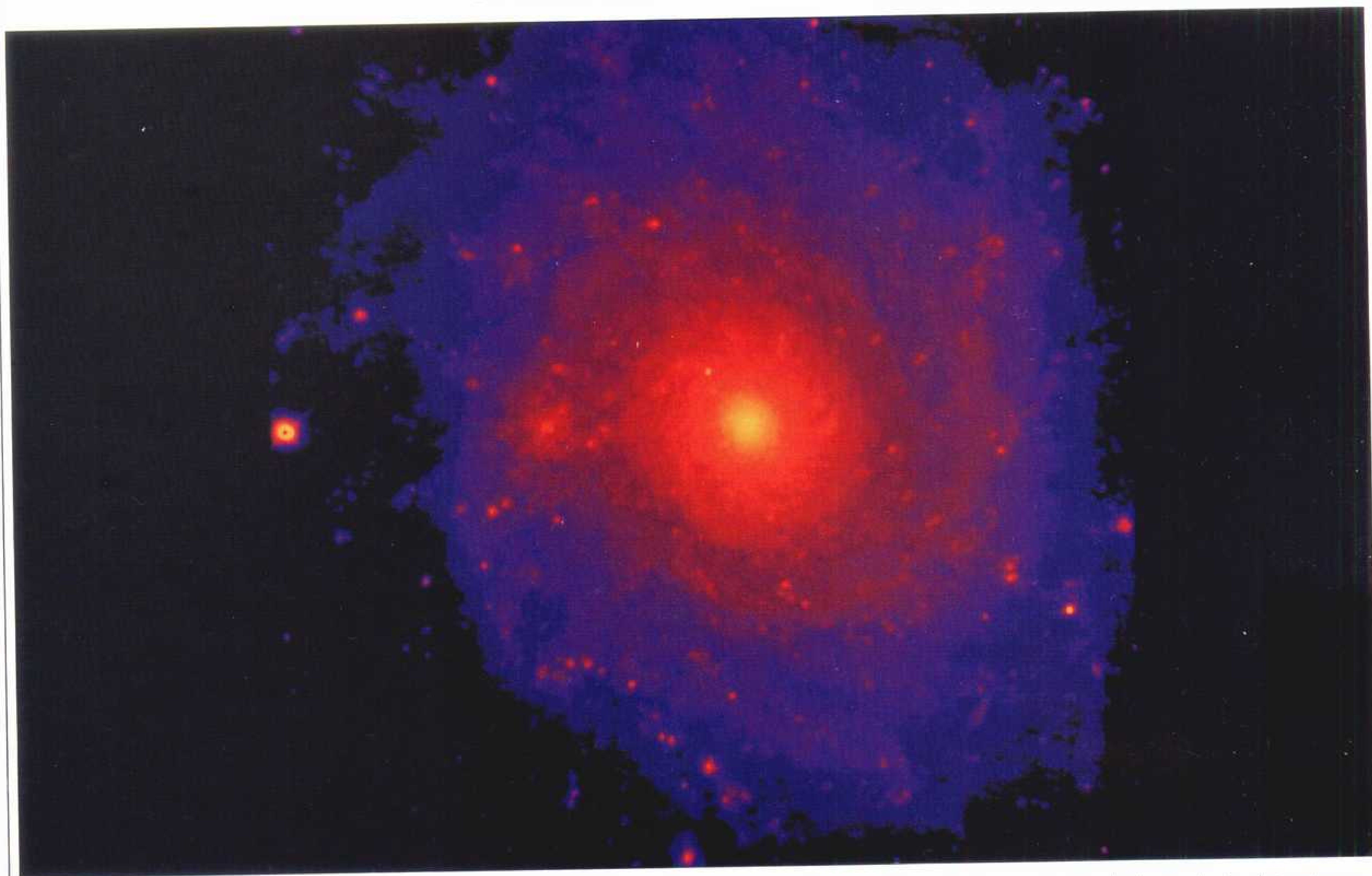
M.C.: *Por otro lado, para que esta información llegue al gran público, es necesario otro tipo de publicación, que sin faltar al rigor científico, sea más divulgativa. ¿Piensa que el mercado, en este sentido, está bien surtido?*

F.A.: Creo que no. Uno de los grandes problemas de la Ciencia es su divulgación. En España ha mejorado tremendamente en los últimos 15 años. Antes no había nada. En Estados Unidos igual. No obstante las mejoras, hay una gran deficiencia. El gran público no tiene cultura científica. Y eso es verdad en Estados Unidos, donde a pesar de haber más tradición de figuras científicas, hay la misma carencia de divulgación científica.

Declaraciones recogidas por Iñaki Fernández Calvo

LA COSMOLOGÍA ENTRE LA ESPADA Y LA PARED

¿ES MÁS JOVEN EL UNIVERSO QUE SUS ESTRELLAS MÁS VIEJAS?
ÉSTA ES LA SITUACIÓN EMBARAZOSA A LA QUE LLEVAN LAS ÚLTIMAS MEDIDAS DE LA VELOCIDAD DE EXPANSIÓN DEL UNIVERSO



En la construcción de la escala de distancias en el Universo, la distancia del cúmulo de galaxias situado en la constelación de la Virgen es una etapa crítica. Pero estas galaxias son lejanas, y los «indicadores» de distancia más fiables como las estrellas variables del tipo cefeida eran hasta hace poco tiempo imposibles de utilizar. Un equipo de astrónomos norteamericanos y canadienses acaba finalmente de lograr identificar tres cefeidas en la galaxia NGC 4571, representada en esta fotografía. La distancia del cúmulo de la Virgen así obtenido, 49 millones de años luz, permite estimar la velocidad de expansión así como la edad del Universo: entre siete mil y once mil millones de años. (Foto M.J. Pierce et al.)

Medir el Universo fue uno de los primeros sueños de los astrónomos. Los griegos midieron el diámetro de la Tierra, los astrónomos del siglo XIX la distancia de las estrellas más próximas. En cuanto a los cosmólogos modernos, su objetivo es ni más ni menos que medir todo el Universo. ¿A qué distancia están los cuasares más lejanos, las galaxias más distantes? Esta pregunta fundamental está relacionada con la edad del Universo y con tiempo transcurrido desde el big bang, pero los astrónomos sólo la saben contestar salvo un factor dos en el mejor de los casos, que, al mismo tiempo, es el factor de incertidumbre sobre la edad del Universo. Ya que desde hace una veintena de años coexisten dos «escalas de distancia» casi incompatibles, una llamada «corta» y la otra llamada «larga» según la cual los objetos extragalácticos están dos veces más alejados de nosotros y el Universo es dos veces más viejo. Nadie dudaba, sin embargo, de que cuando el telescopio espacial Hubble se aplicase a este problema lo resolvería. ¿Hay que desengañarse? Es cierto que las medidas efectuadas el año pasado por el telescopio espacial favorecen la escala larga.[1] Pero observaciones publicadas el pasado setiembre por el equipo norteamericano canadiense de Michael Pierce que ha utilizado el telescopio Canadá-Francia-Hawai, dan una clara ventaja a la escala corta.[2] Según estas últimas medidas, la edad del Universo estaría comprendida entre siete mil y once mil millones de años. ¿Pero, en este caso, cómo es posible que las estrellas más viejas de nuestra galaxia tengan, según los modelos de evolución estelar, unos dieciséis mil millones de años? ¿Puede ser más joven el Universo que sus estrellas más viejas? ¿O hay que reconsiderar totalmente los modelos cosmológicos?

El problema cristaliza en torno a uno de los «números mágicos» de la cosmología: la constante de Hubble H_o. El Universo está en expansión; la constante de Hubble indica la velocidad de la misma. Se expresa en km/s por megaparsec (Mpc, o millón de parsecs; un parsec vale 3,26 años luz), y su valor moderno está comprendido entre 50 y 100. Según la ley establecida por el norteamericano Edwin Hubble en los años treinta, una galaxia que se aleja de nostros a una velocidad de 5 000 km/s está situada a una distancia comprendida entre 50 Mpc para $H_o = 100$ —es la escala corta— y 100 Mpc para $H_o = 50$ —es la escala larga—. Por lo que respecta a la edad del Universo, está claro que si H_o tiene un valor elevado el Universo está en expansión rápida y se necesita menos tiempo para remontarse hacia atrás hasta el momento del big bang, y que por lo tanto los valores elevados de H_o corresponden a un Universo joven.

Las velocidades de alejamiento de las galaxias son fáciles de medir a partir del corrimiento que producen en las frecuencias de las rayas espectrales. Todo el problema viene de las distancias. Como no se pueden medir directamente (las medidas directas por triangulación sólo son posibles hasta algunas decenas de parsecs), hay que basarse en una diversidad de «indicadores» más o menos fiables, que concuerdan bien hasta distancias que llegan a algunos megaparsecs.[3,4] Más allá, es decir, aproximadamente a la distancia del cúmulo de galaxias situado en la constelación de la Virgen, que ocupa por tanto una posición clave en el edificio, las cosas dejan de funcionar. En cambio, las medidas de las distancias de los objetos lejanos respecto a la de este cúmulo tienen un error inferior al 10 %, falta una etapa crucial que es la distancia del cúmulo de la Virgen.

Una gran clase de indicadores es la de las «candelas estándar». La idea es que algunos tipos de astros, por ejemplo estrellas variables y supernovas, tienen aproximadamente la misma luminosidad intrínseca. Así, parece ser que todas las supernovas llamadas «de tipo Ia» tienen la misma luminosidad absoluta cuando alcanzan su máximo brillo. Si se ha medido la luminosidad aparente de una supernova Ia en una galaxia, se puede calcular entonces su distancia —ya que un objeto dos veces más alejado es cuatro veces menos brillante—.

Un indicador diferente en su fundamento pero muy utilizado es la anchura de la raya espectral del hidrógeno atómico a 21 cm de longitud de onda, que mide la velocidad máxima de rotación alcanzada por el gas en el disco de las galaxias espirales. Esta anchura está directamente relacionada con la luminosidad absoluta de la galaxia, una relación establecida en 1977 y conocida con el nombre de relación de Tully-Fisher.

Son estos dos indicadores, supernovas y relación de Tully-Fisher los que, aplicados al cúmulo de la Virgen, dan obstinadamente unos valores discordantes de H_0: 50 el primero y alrededor de 80 el segundo, en los dos casos con errores anunciados inferiores a algunas unidades. Y son sobre todo dos equipos diferentes los que, desde hace veinte años, a menudo a partir de los mismos datos, miden obstinadamente estos valores incompatibles. Tienen como jefes de fila a astrónomos de reputación prestigiosa: Allan Sandage y Gustav Tammann para la escala larga y el norteamericano de origen francés Gérard de Vaucouleurs para la escala corta.[5,6]

¿Qué hacer para resolver esta situación un tanto ridícula? ¡Probar otros indicadores de distancia! Por ejemplo, los indicadores de distancia del tipo cefeida. La astrónoma norteamericana Henrietta Leawitt determinó, en 1912, que su periodo de variación está relacionado con su luminosidad media. Por tanto el método es sencillo: para medir la distancia de una galaxia hay que encontrar una cefeida en ella, medir su periodo (de algunos días a algunos centenares de días), y por tanto su luminosidad absoluta, y compararla con su luminosidad aparente.

Dado que el desacuerdo empieza en el cúmulo de la Virgen, basta en principio observar cefeidas en galaxias de este cúmulo. En realidad, se trata de una medida muy difícil. Las imágenes están pobladas por multitud de estrellas en pequeños grupos compactos: ¿cómo estar seguro de que se mide la luminosidad de una sola estrella y no la de un grupo de estrellas?

¿A QUÉ DISTANCIA ESTÁN LAS GALAXIAS?

Toda la dificultad proviene de la resolución espacial de los telescopios situados en tierra, limitada no por el tamaño de sus espejos, sino por la turbulencia de la atmósfera terrestre. La solución es ir a un lugar como la isla de Hawai, donde la calidad de las imágenes es excepcional; y también utilizar las técnicas de la óptica adaptativa que permiten (solamente dentro de ciertos límites) compensar la turbulencia atmosférica. De este modo, los investigadores del equipo de Pierce han podido alcanzar una resolución de medio segundo de arco, mientras que la atmósfera, incluso en Hawai, limita a menudo la resolución a un segundo. Entre febrero de 1991 y abril de 1993, observaron una galaxia espiral de nombre NGC 4571, e identificaron tres cefeidas. La distancia del cúmulo de la Virgen sería de 14,9 ± 1,2 Mpc. De la velocidad media de las galaxias del cúmulo se deduce un valor de 87 ± 7 km/s/Mpc para H_0.

Ya hemos dicho que unos valores tan elevados causan desazón a los cosmólogos. Aunque es cierto que la relación entre H_0 y la edad del Universo depende del modelo de Universo que se adopte, muy pocos modelos se pueden adaptar a valores de H_0 superiores a 50. En el modelo más generalmente aceptado, en el que el Universo tiene justo la densidad de materia suficiente para que su expansión no se detenga nunca, su edad sólo sería en este caso de siete mil millones de años, es decir, dos veces inferior a la de las estrellas más viejas. Incluso si el Universo fuese «abierto» (en expansión indefinida), en cuyo caso necesitaría más tiempo para llegar a sus dimensiones actuales, tendría menos de once mil millones de años. Según Alain Blanchard del Observatorio de Estrasburgo y sus colaboradores norteamericanos, el valor de H_0 más «confortable» para los modelos sería de alrededor de 30.[7]

Se puede poner en duda la edad de las estrellas, que después de todo es el resultado de un modelo. Pero parece improbable un error de un factor dos, y éste no es el único problema. Por ejemplo, en un universo tan joven, todavía no tendría que haber galaxias. Sencillamente no han tenido tiempo de formarse a partir de las minúsculas fluctuaciones de densidad que existían trescientos mil años después del big bang... ¿Se puede poner en duda la medición de las cefeidas? En realidad, no. Desde luego, podría ser que delante de la galaxia observada hubiese nubes de polvo que debilitarían su brillo y harían que pareciese más cerca de lo que está realmente. Los astrónomos solamente están seguros en un 99 % de que NGC 4571 está realmente en el núcleo del cúmulo y no en su periferia. Pero todas estas indeterminaciones no pueden hacer que el valor de la constante de Hubble se sitúe en torno a 50.

¿Hay que enterrar por tanto la escala larga de distancias y el Universo de quince mil millones de años? ¡Tampoco! Ya que también se han detectado cefeidas en dos galaxias más próximas, IC 4182 y NGC 5253.[1] La conclusión es: $H_0 = 52 \pm 9$, o sea la escala larga. Como por casualidad, los equipos que han realizado estas medidas incluyen a Sandage y Tammann, los cabezas de fila de la escuela de la «escala larga». Por tanto, los dos bandos se mantienen en sus posiciones...

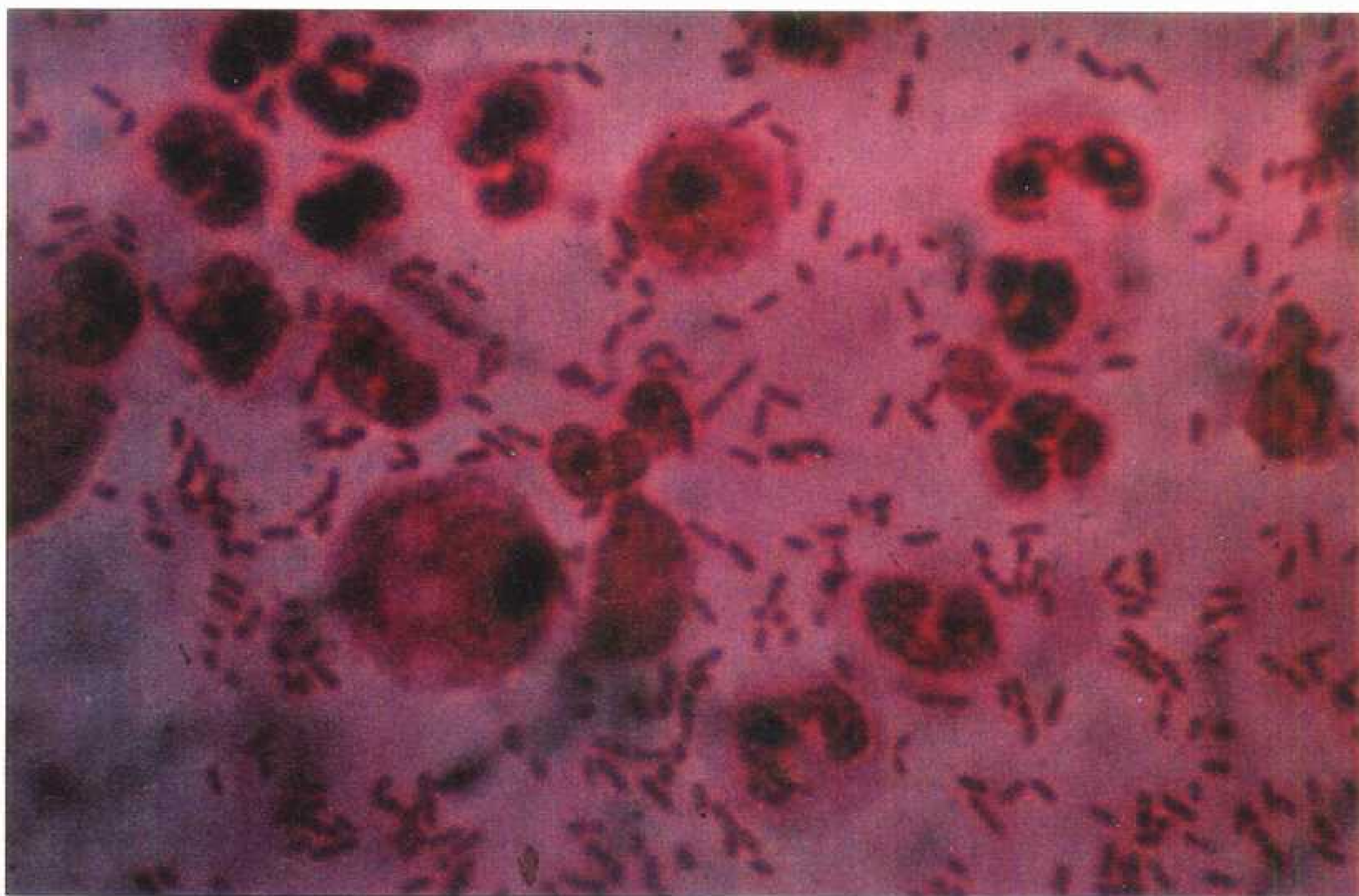
Este desacuerdo persistente quizás oculta un problema fundamental. En los años cincuenta, el valor generalmente aceptado de H_0 era de 500: ¡una situación aún más molesta que la actual, ya que el Universo habría sido ampliamente más joven que el sistema solar! Cuando se comprobó que existían dos tipos de cefeidas con unas relaciones periodo-luminosidad diferentes, la constante de Hubble se situó en unos valores más razonables. ¿Se trata también ahora de un problema de este tipo, a causa de nuestro conocimiento imperfecto de las estrellas cefeidas? ¿O habrá que revisar los modelos cosmológicos? El siguiente episodio de esta saga cosmológica no se ha hecho esperar. Un equipo del telescopio espacial acaba de anunciar que H_0 sería igual a 80, una medida deducida de la observación de cefeidas en otra galaxia del cúmulo de la Virgen, M 100.[8] Los modelos cosmológicos parecen estar claramente entre la espada y la pared.

FABIENNE CASOLI

(1) A. Saha *et al.*, *Astrophys. J.*, *425*, 14, 1994.
(2) M.J. Pierce *et al.*, *Nature*, *371*, 385, 1994.
(3) S. van den Bergh, *Pub. Astron. Soc. Pac.*, *104*, 861, 1992.
(4) G.H. Jacoby *et al.*, *Pub. Astron. Soc. Pac.*, *104*, 599, 1992.
(5) M. Fukugita *et al.*, *Nature*, *366*, 309, 1993.
(6) A. Sandage, *Astrophys. J.*, *402*, 3, 1993.
(7) J.G. Bartlett *et al.*, *Science*, en prensa, 1994.
(8) W.L. Freeman *et al.*, *Nature*, *371*, 757, 1994.

EL REGRESO DE LA PESTE

¿FUE AFECTADA LA INDIA POR LA PESTE LOS PASADOS MESES DE SETIEMBRE Y OCTUBRE? ALGUNOS CIENTÍFICOS LO DUDAN. EN TODO CASO QUEDA UNA CERTEZA: LA PESTE AMENAZA CON SEGUIR ESTANDO DE ACTUALIDAD DURANTE MUCHO TIEMPO



La peste hace estragos desde hace siglos debido especialmente a que diversas especies de roedores salvajes, y sobre todo la rata negra (Rattus rattus) y la rata de campo (Rattus norvegicus), constituyen una reserva casi indestructible del bacilo de la peste (Yersinia pestis) (A). Se transmite al hombre a partir de los roedores a través de las pulgas infectadas (varias especies de la que la más frecuente es Xenopsylla cheopis), y de hombre a hombre por medio de la tos (B). Los bacilos ingeridos por una pulga se multiplican en una parte de su tubo digestivo (el proventrículo) y forman un grumo que lo obstruye. Cuando el roedor muere, la pulga coloniza un nuevo huésped humano, le pica y regurgita los bacilos en el lugar de la picadura. (Foto Instituto Pasteur.)

Como para celebrar el centenario del descubrimiento del bacilo de la peste, 1994 ha asistido a una muy neta recrudescencia del número de casos de esta enfermedad en el mundo. En India, en setiembre-octubre de 1994, más de seis mil trescientas personas habrían sido contaminadas por este bacilo y cincuenta y ocho habrían muerto. El uso del condicional se debe a que investigadores indios del Instituto de la ciencias médicas de la India Instituto nacional de inmunología, de Nueva Delhi, y del Hospital de Vellore, en el estado de Tamil Nadu, han emitido reservas sobre este diagnóstico.[1,2] De hecho, parece claro que la epidemia de peste fue, en primer lugar, sobreestimada: hubo casos de peste, pero no todos los casos sospechosos lo eran. Está claro, no obstante, que, estos dos últimos años, brotes epidémicos han afectado, además de India, a Perú (1 151 casos, de ellos 54 muertes, desde el final de 1992 hasta la mitad de 1994) y a varios países de África (Mozambique: 128 casos, tres de ellos mortales en 1994; Zaire: 390 casos, 140 muertes, en 1992), mientras que la enfermedad ha seguido asolando de forma endémica a otros países como Brasil, Estados Unidos y Vietnam.

Contrariamente a las ideas preconcebidas, la peste está lejos de haber sido erradicada. Aunque conocemos el germen responsable, su reserva y su modo de transmisión, y pese a que poseemos antibióticos capaces de tratar la enfermedad, entre 1978 y 1992 se notificaron a la Organización Mundial de la Salud (OMS) unos quince mil casos y mil quinientos fallecimientos.[3] Además, el número de casos tiene una neta tendencia a aumentar estos últimos años en varios países. Dado que las epidemias de peste evolucionan por brotes sucesivos separados por periodos de «silencio», el origen de este aumento puede ser la simple coincidencia de varios brotes simultáneos. Cada brote epidémico se debería a la superposición de varios factores: temperatura y pluviometría, aumento de las poblaciones de roedores en contacto con el hombre, mayor sensibilidad de estos animales al agente de la peste, factores humanos como la tala de bosques, incendios, colonización de nuevos territorios, migraciones de poblaciones y relajamiento de la vigilancia epidemiológica.

En una veintena de países están presentes focos permanentes, generalmente en regiones montañosas o desérticas donde la población humana es escasa pero donde la de roedores puede ser bastante importante. Algunos, como Brasil, China, Estados Unidos, Madagascar, Myanmar, Tanzania y Vietnam notifican casos de peste casi cada año. En otros, la peste se presenta en forma de epidemias esporádicas separadas por periodos de silencio que a veces duran varios años. Los últimos casos de peste se remontan a 1920 en París (un centenar de casos, de ellos 34 fallecimientos) y a 1945 en Córcega (13 casos, de ellos 10 fallecimientos).

El agente responsable de la peste es un pequeño bacilo capaz de invadir los diferentes órganos y la sangre del huésped: *Yersinia pestis*. Su nombre es un homenaje a Alexandre Yersin, médico del Instituto Pasteur que lo identificó durante la epidemia de Hong Kong en junio de 1894. El hombre se contamina por contacto con roedores salvajes o peridomésticos a través de pulgas infectadas (véase la figura). Desarrolla entonces una forma de peste llamada «peste bubónica». Ésta se traduce en un malestar general, fiebre alta, dolores de cabeza, alteraciones nerviosas (postración o agitación), y un signo muy característico: el bubón. Se trata de una tumefacción extremadamente dolorosa correspondiente a la multiplicación del bacilo de la peste a nivel del ganglio linfático más próximo al punto de la picadura (la mayoría de las veces en la ingle o en la axila). A partir de este ganglio, el bacilo se difunde por el organismo, invade el hígado, el bazo, los pulmones y provoca una septicemia generalmente mortal en ausencia de un tratamiento adecuado y precoz a base de antibióticos (estreptomicina, cloranfenicol, ciclinas). También se puede producir la transmisión interhumana de la peste bubónica, ya que el hombre puede ser portador de un vector de la peste: la pulga *Pulex irritans*.

La segunda forma clínica frecuente de la peste, debida al mismo bacilo, es la peste pulmonar, aún más temible que la precedente. Un apestado, en un estadio muy evolucionado de la enfermedad, alberga el bacilo en sus pulmones y, cuando tose, emite aerosoles ricos en bacilos que pueden ser inhalados por otros sujetos. En este caso, la transmisión interhumana directa ya no necesita pulgas. El tiempo de incubación es generalmente muy corto (a veces algunas

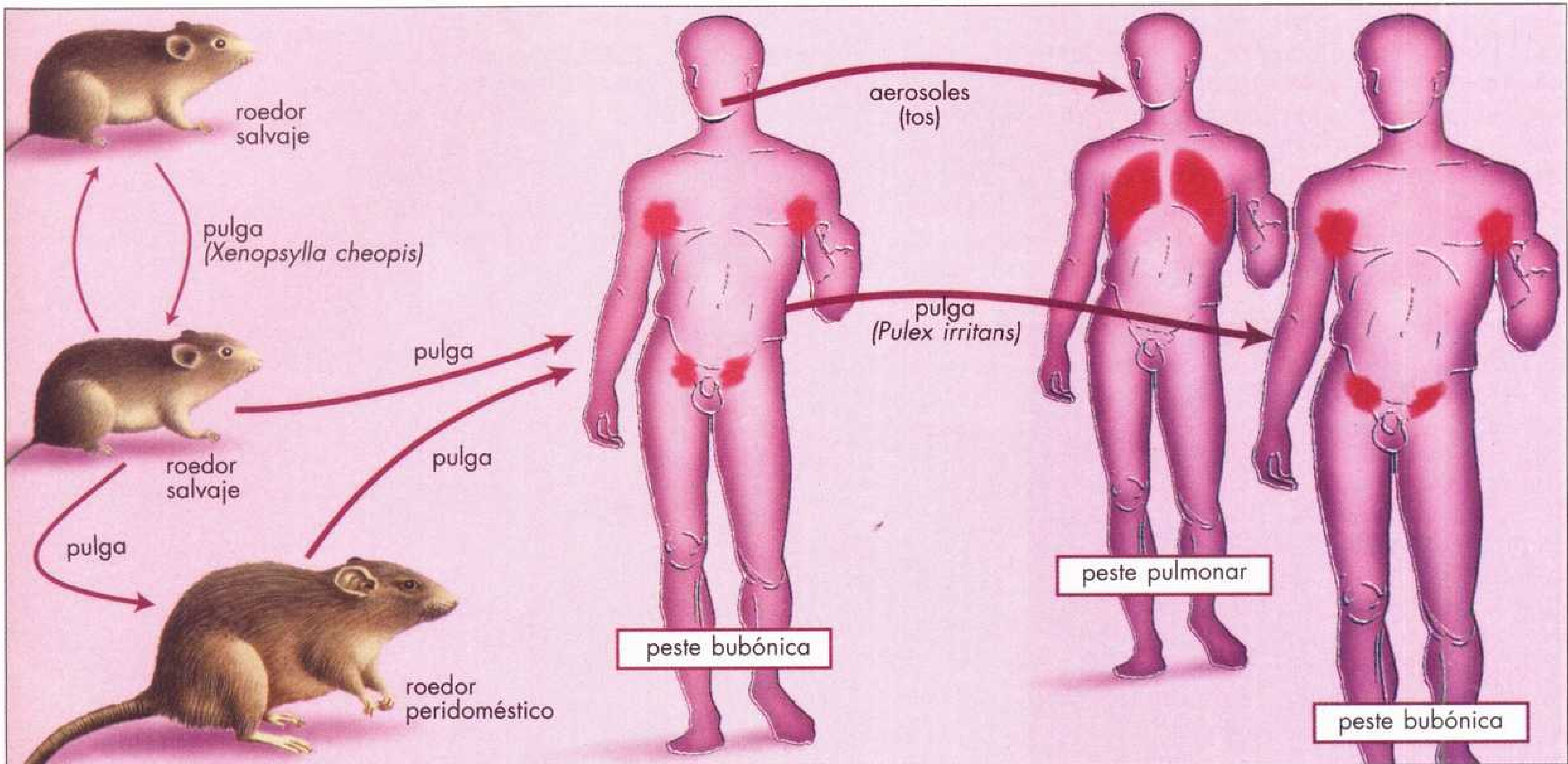
horas). Muy al principio, la enfermedad se puede parecer a una infección respiratoria banal. Muy bruscamente aparecen una fiebre de 40-41 °C, dificultades respiratorias, tos, dolores torácicos, esputos sanguinolentos y una alteración profunda del estado general. En ausencia de tratamiento antibiótico, la muerte sobreviene casi sistemáticamente en pocas horas.

¿Qué balance se puede hacer de la reciente epidemia de India? Una pululación de pulgas y ratas en el distrito de Beed (Estado de Maharashtra, cuya capital es Bombay) alertó a las autoridades sanitarias indias el 6 de agosto de 1994. Se trataba o bien de un aumento real del número de roedores o bien, más probablemente, de un aumento del número de roedores visibles, ya que estos animales tienden a salir de sus escondrijos cuando mueren de peste (lo mismo sucede con las pulgas, que tienen que buscar un nuevo huésped cuando muere aquél en el que vivían). Un primer caso sospechoso de peste bubónica hizo que se adoptasen las medidas de lucha antivectorial (insecticidas y luego raticidas) y tratamientos antibióticos. En un mes, se referenciaron 90 casos de peste bubónica en una quincena de pueblos de Maharashtra.[4]

Este episodio se había extinguido cuando, el 19 de setiembre, estalló una peste pulmonar en la ciudad de Surat (Estado de Gudjarat) al norte de Bombay, que causó 452 casos de ellos 51 mortales en menos de una semana.[5] La población, al huir de la ciudad, permitió que esta temible forma pulmonar se dispersase. De hecho, el 9 de octubre, se habían señalado en catorce estados un total de 6 344 casos sospechosos y 55 fallecimientos. El recurso a tratamiento curativos (estreptomicina, cloranfenicol) y profilácticos (sulfamidas, ciclinas) eficaces, unido a las medidas de desinfección y luego de desratización, permitió controlar la epidemia hacia el final del mes de octubre.

Mientras que, según los comunicados de las autoridades sanitarias indias, el origen pestoso de la enfermedad no ofrecía dudas, los médicos locales empezaron a dudar y propusieron varias otras causas:[1,2] infección por hantavirus, leptospirosis, melioidosis, tularemia. Efectivamente, todas estas enfermedades infecciosas son transmitidas por roedores salvajes y presentan síntomas comunes con la peste. Esta polémica se debía también a que ninguna epidemia de peste había asolado a India en los últimos treinta años, a la baja mortalidad observada, a las características epidemiológicas a veces atípicas de la epidemia y, el punto más conflictivo, al hecho de que no se había aislado el bacilo de la peste en los enfermos. Sin embargo, el diagnóstico de peste se había basado en varios otros criterios: una pululación de pulgas y de ratas, seguida de la aparición brusca de tumefacciones ganglionares dolorosas típicas de los bubones de la peste, la existencia de pequeños bacilos al examinar directamente las extracciones, y la presencia de anticuerpos dirigidos contra la cápsula de *Yersinia pestis* en la sangre de los pacientes. Todo esto sucedía, además, en una región correspondiente a un antiguo foco de peste. De hecho, según los expertos de la OMS que acudieron al lugar, la epidemia de Maharashtra era muy probablemente de peste bubónica. De la misma forma, habría habido realmente peste pulmonar en Surat pero, a causa del pánico, cualquier infección pulmonar se habría atribuido demasiado apresuradamente a esta infección. La falta de aislamiento de cepas bacterianas hará que planee siempre una duda sobre esta epidemia y sobre el número real de casos, pese a que un diagnóstico serológico fue positivo en unos ochocientos enfermos.

B



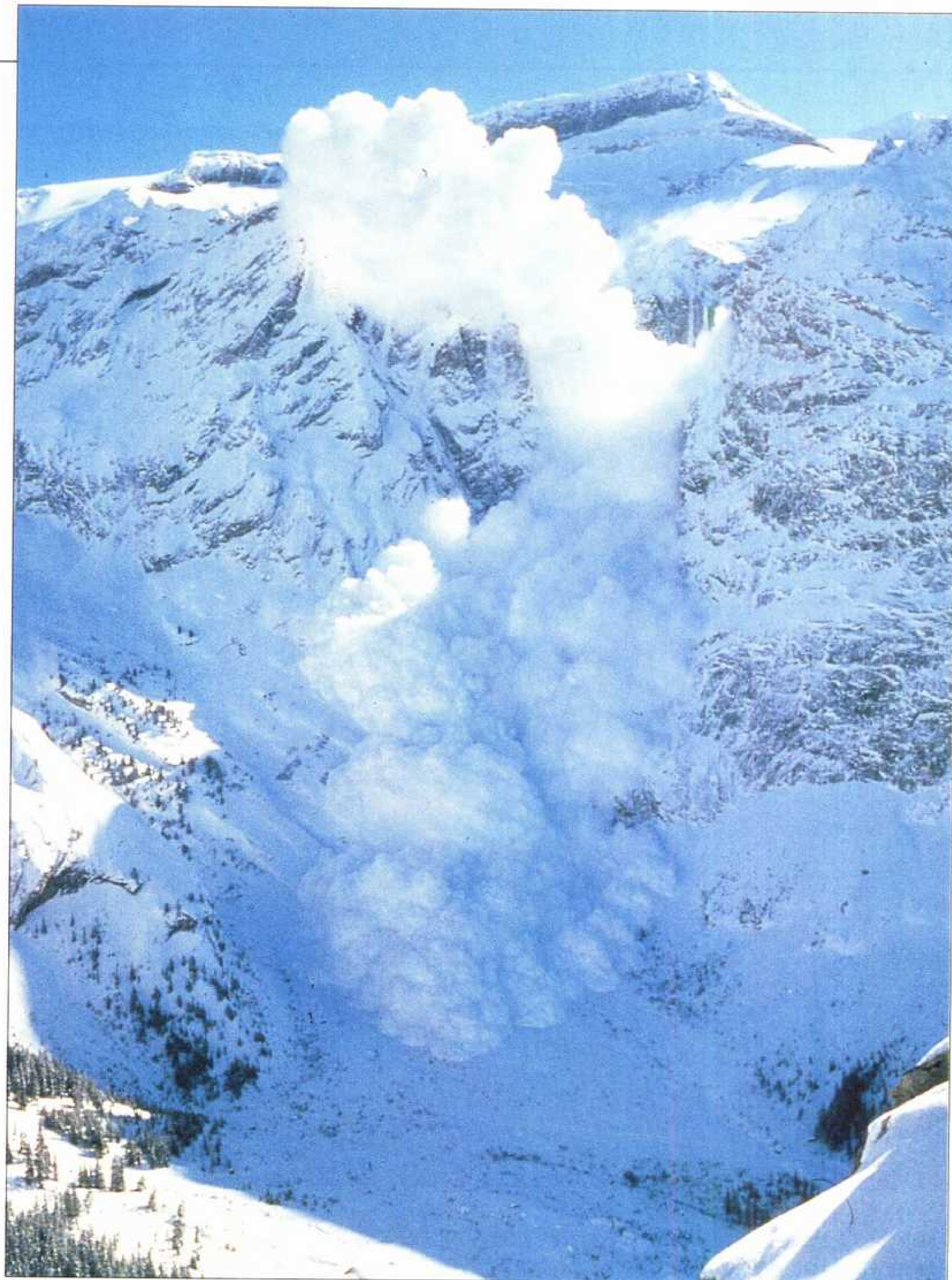
Este episodio nos enseña al menos dos cosas. La primera es que la simple evocación de la peste todavía basta en nuestros días para provocar movimientos de pánico. La segunda es que la peste probablemente no desaparecerá en un futuro próximo. Es utópico pensar en exterminar a todos los roedores que constituyen la reserva de esta enfermedad, tanto más debido a que estos animales viven con frecuencia en madrigueras profundas y en zonas de difícil acceso. Además, aunque se destruyese a la casi totalidad de los roedores (por el hombre o por la misma peste), el bacilo tiene la capacidad de sobrevivir en las madrigueras de los animales muertos de peste[6,7] y de infectar a roedores sanos que reconolizan las madrigueras vacías.[8] Por tanto, no se puede de excluir que un día u otro, por los medios modernos de transporte, una rata infectada o un enfermo en periodo de incubación aporten de nuevo la peste en nuestros países. Pero esto no tiene por qué provocar reflejos de pánico. La peste es una enfermedad fácilmente controlable en un país industrializado.

ELISABETH CARNIEL Y GUY BARANTON

(1) L. Dar *et al.*, *Lancet*, *344*, 1359, 1994.
(2) T. Jacob John, *Lancet*, *344*, 1360, 1994.
(3) OMS, *Weekly Epidemiological Record*, *2*, 8, 1994.
(4) OMS, *Weekly Epidemiological Record*, *39*, 289, 1994.
(5) OMS, *Weekly Epidemiological Record*, *40*, 295, 1994.
(6) H.H. Mollaret, *Bull. Soc. Pathol. Exotique*, *6*, 1169, 1963.
(7) Y. Karimi, *Bull. Soc. Pathol. Exotique*, *6*, 1183, 1963.
(8) M. Baltazard, *Med. Mal. Infect.*, *1*, 203, 1971.

LAS AVALANCHAS: CON EL VIENTO, UN RIESGO

EN LOS ALPES, ALGUNOS INVESTIGADORES ARROSTRAN LAS PEORES TEMPESTADES DE NIEVE. OBJETIVO: VALIDAR UN NUEVO MODELO DE PREVISIÓN DEL RIESGO DE AVALANCHAS.



Queyras en 1991, Val Thorens en 1992, Col du Palet (en la Tarantaise) en 1994 son lugares de la geografía francesa en los que se han producido avalanchas mortíferas que nos recuerdan un riesgo siempre presente. Es cierto que los accidentes debidos a avalanchas «naturales», causadas por una modificación de las condiciones meteorológicas, son hoy muy raras. En Francia, han contribuido a ello el boletín de previsión del riesgo de avalanchas editado cada noche por Météo-France, las barreras de protección instaladas por el Cemagref (Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts) y las avalanchas artificiales provocadas de manera preventiva en las estaciones de esquí. Pero no ocurre lo mismo con las avalanchas «accidentales», causadas por una sobrecarga de la capa de nieve (esquiador, caída de piedras, paso de un rebeco) y actualmente más difíciles de prever. Ahora bien, tales avalanchas son la causa del 90 % de los accidentes mortales, lo que, en Francia, causa por término medio unos treinta muertos al año (fig. 1). También ocasionan daños materiales importantes, especialmente en las vías de comunicación. Por este motivo, en 1989, se puso en marcha un programa de investigación que reúne diversos laboratorios y tiene por objeto comprender mejor el mecanismo que provoca estos fenómenos.[1] A raíz de los trabajos llevados a cabo, los investigadores han propuesto mejoras en los modelos de previsión de las avalanchas accidentales. Se pusieron a prueba por primera vez durante el invierno 1993-1994 en un lugar experimental situado en el collado de Lac Blanc, a 1 700 metros de altura, sobre Alpe d'Huez, en el Isère.

Los especialistas saben desde hace mucho tiempo que, en el caso de avalanchas accidentales, la sobrecarga provoca el desprendimiento brusco de una gran placa de nieve. Las placas susceptibles de ser arrancadas así de la montaña se forman previamente por acumulación de nieve, en parte, bajo los efectos del viento. Pero ¿cómo prever, en un lugar determinado, la formación de una placa y, sobre todo, el momento en que empieza a ser peligrosa?

Los investigadores aseguran que el viento tiene aquí un papel de la mayor importancia. Los estudios emprendidos a partir de 1989 tenían como finalidad inicial definir las condiciones bajo las cuales el viento transporta la nieve. Alrededor de este proyecto se reunieron investigadores del CEN (Centre d'étude de la neige de Météo-France), de la división nivológica del Cemagref y de la Escuela politécnica federal de Lausanne (EPFL). La financiación se garantizó mediante un contrato Estado-Región Rhône-Alpes. Además, aportaron sendas subvenciones ANENA (Association nationale pour l'étude de la neige et des avalanches[2] y SATA (Société d'aménagement touristique de l'Alpe d'Huez). Se equipó un «laboratorio»: un campo de nieve erizado de sensores meteorológicos de todas clases, situado en el collado de Lac Blanc.

Figura 1. Desde 1971, en Francia, el balance de los daños corporales debidos a las avalanchas es de 650 muertos, 600 heridos (declarados) y 2 500 personas arrastradas (declaradas). Para disminuir los riesgos de accidentes, las investigaciones actuales pretenden analizar el mecanismo de acumulación de la nieve bajo los efectos del viento. Las placas de nieve que forma el viento son susceptibles de desprenderse bruscamente con el paso de un simple esquiador o con una caída de piedras. Modelizando el fenómeno, los investigadores esperan evaluar mejor este peligro. (Foto B. Vion/ANENA.)

En 1992, los investigadores del CEN superaron una etapa importante al determinar un valor-umbral de la velocidad del viento (aproximadamente cinco metros por segundo), a partir de la cual se levanta la nieve de superficie. Sin embargo, esta velocidad-umbral varía según

la temperatura (y, por tanto, según las horas del día) y la calidad de la nieve de superficie (tamaño y forma de los gránulos, cohesión de la capa más superficial, etc.) Parece que, con una velocidad superior a los veinte metros por segundo, la nieve es transportada cualquiera que sea su consistencia.

Por otra parte, un estudio estadístico permitió correlacionar las características del viento (dirección, velocidad) medidas en aquel lugar con las que, a escala regional, proporcionaba Météo-France. Este trabajo permite calcular la velocidad del viento en el lugar estudiado, a partir de los datos facilitados por los modelos atmosféricos. La velocidad del viento local puede entonces compararse con el umbral necesario para el transporte de la nieve, lo que facilita la previsión de los episodios de transporte.[3]

Queda por determinar cuáles son los efectos de la nieve desplazada por el viento. Para ello, François Sivardière y Thierry Castelle de la EPFL, adaptaron la técnica de fotogrametría al estudio de las variaciones del relieve del manto nivoso.[4] Se trata de una técnica que consiste, en este caso, en tomar dos fotografías del mismo campo de nieve, antes y después de un episodio de su transporte por el viento. El análisis informatizado de las imágenes permite delimitar las zonas erosionadas y las zonas de depósito (fig. 2). Este estudio de campo se completó con una simulación sobre un modelo físico: una maqueta del collado de Lac Blanc a escala 1/250. Las simulaciones consisten en reproducir mediante sopladores y con la ayuda de finas partículas de vidrio, episodios de transporte de nieve por el viento análogas a las que se registran en la estación. Los resultados muestran la importancia del efecto del viento: a finales de invierno, las acumulaciones de nieve pueden enmascarar relieves de una altura de veinte metros. Sobre un terreno prácticamente llano, estas masas nivosas no presentan peligro, pero cuando la pendiente supera los 25°, implican riesgo de avalancha. Es por esto que, a partir de 1993, las investigaciones se han orientado principalmente hacia el estudio de un corredor de avalancha. El objetivo es ambicioso, ya que los investigadores norteamericanos y japoneses que estudian el transporte de nieve por el viento sólo trabajan con terreno llano. En Francia, las técnicas de estudio puestas a punto en la zona poco accidentada del collado de Lac Blanc se han adecuado al estudio de las pendientes, propensas a las avalanchas, de la cima de Petites Rousses (2 800 m), situada en las cercanías. Este lugar escarpado fue elegido para compararlo con datos reales de un programa informático del Cemagref que modeliza el inicio de una avalancha.[5]

¿Cuál es el principio de esta modelización? El lugar estudiado se descompuso en paneles que son otras tantas unidades topográficas relativamente homogéneas desde el punto de vista de la pendiente, de la rugosidad y de la exposición. Por ejemplo, el corredor sur de avalanchas de la cima de Petites Rousses se descompuso en sesenta y cinco paneles, cuya superficie varía entre cuarenta y mil quinientos metros cuadrados. En un primer tiempo, el modelo «carga» de nieve cada panel en función de su emplazamiento y de la dirección del viento. Luego, el sistema analiza la estabilidad del manto nivoso, panel a panel, a partir de la altura de la nieve y de diversas características físicas (densidad, cohesión, roces). De todo ello deduce un riesgo de inicio de avalancha a nivel de uno de los paneles y calcula la propagación del desprendimiento del manto nivoso de un panel a otro. Lauren Bruisson, principal artífice de este modelo, destaca su originalidad: *«En los modelos realizados hasta ahora, la zona de partida se asimilaba a una superficie homogénea, recubierta con nieve siempre a la misma altura. Pero la experiencia nos demuestra que esta hipótesis es falsa y que invalida los modelos numéricos de deslizamiento utilizados para la prevención de avalanchas»*. Por tanto, la descomposición en paneles de la zona de inicio afina la modelización, aunque ahora es necesario validarla a partir de datos reales. Éste es el objetivo del trabajo efectuado en la cima de Petites Rousses.

Según G. Guyomarc'h, del CEN, el invierno 1994-1995 habrá de ser una etapa determinante: *«Actualmente, intentamos hacer funcionar en serie nuestros diferentes modelos. Así, el modelo de Cemagref, a la vez que calcula la carga de nieve en los paneles, integra los datos facilitados por los modelos del Centro de Estudio de la Nieve acerca de la estratificación del manto nivoso y el transporte de la nieve por el viento. Los resultados se compararán con los datos recogidos en el lugar mismo del estudio»*.[6] Sin embargo, los investigadores ya saben que será necesario introducir muchas mejoras, y según F. Sivardière, director de ANENA y antiguo coordinador del programa de investigación, *«la puesta a punto de un programa informático de ayuda a la decisión, utilizable por los responsables locales, exigirá todavía varios años de investigación»*.

Con el tiempo ¿hasta qué punto permitirá este programa informático disminuir los accidentes provocados por avalanchas accidentales? En primer lugar, responden los meteorólogos, mejorará la precisión de las previsiones de riesgo de avalanchas; los esquiadores fuera de pistas y aquéllos que se hallen de travesía, principales víctimas de tales avalanchas, estarían mejor informados. En segundo lugar, añaden en Cemagref, el cálculo del riesgo para un lugar determinado (sobre un pueblo, una casa o un remonte mecánico, por ejemplo) ganaría en realismo, lo que facilitaría las medidas a tomar e induciría la instalación de barreras de protección. En Suiza, esta segunda estrategia es la prioritaria.

PIERRETE HABERT

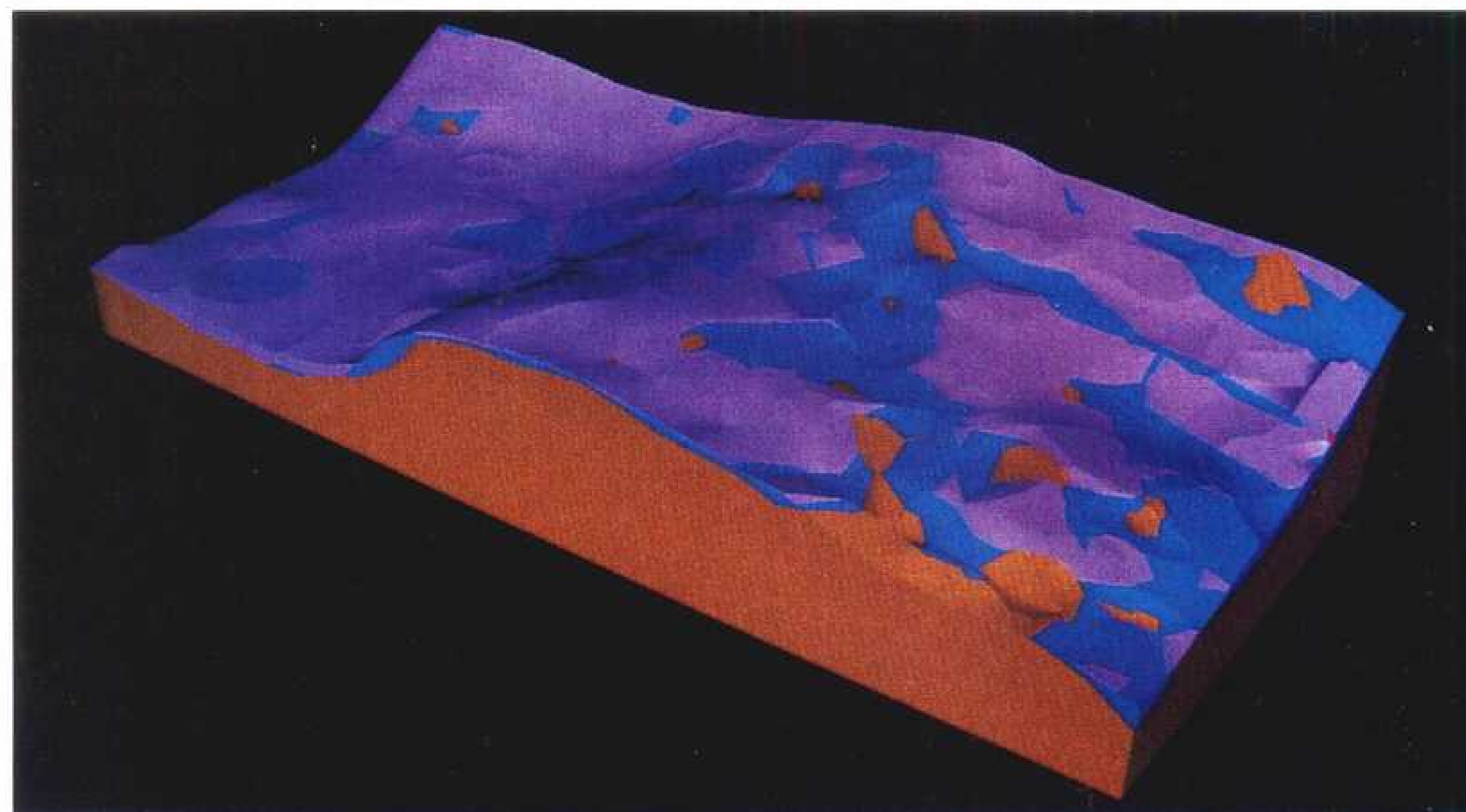
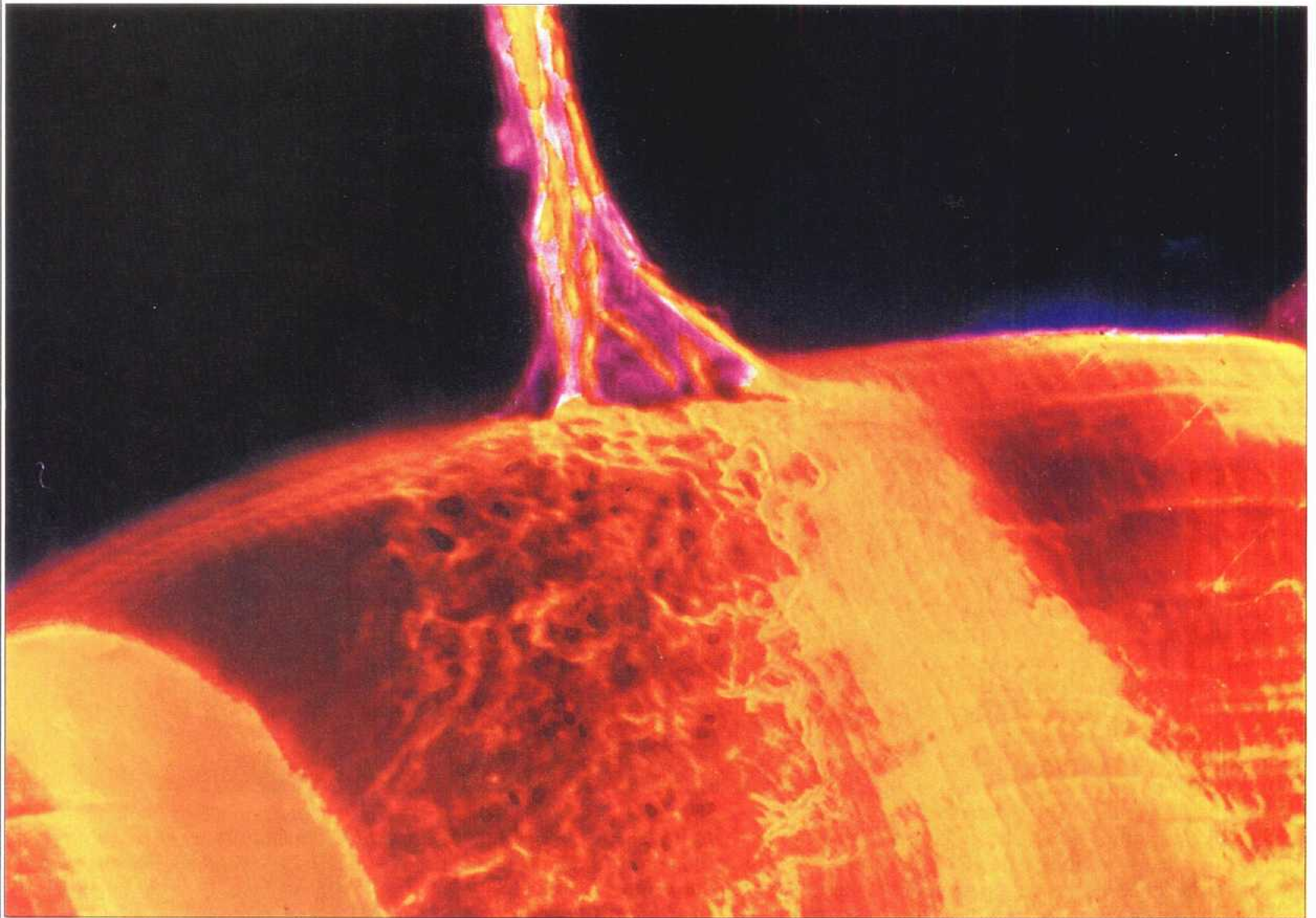


Figura 2. Para modelizar el transporte de nieve por el viento y prever sus efectos, es indispensable disponer de datos acerca del terreno. Para ello, los investigadores han recorrido a la fotogrametría. Según esta técnica, los volúmenes de nieve desplazados por el viento se determinan mediante el análisis informatizado de fotografías. Los resultados pueden visualizarse con infografía. Por ejemplo, en la figura, el manto nivoso está compuesto por la capa de nieve inicial (en azul) y la nieve acumulada después de una semana de viento (en rosa). Una vez calculados los volúmenes de nieve acumulados en una pendiente, los investigadores tratan de deducir el riesgo de avalancha. (Foto T. Castelle/EPF, Lausanne.)

(1) F. Sivardière, «Neige, vent et avalanches», informe de actividad del programa de estudios e investigación sobre los riesgos naturales, contrato Estado-Región Rhône-Alpes, 10° Plan, 1993.
(2) ANENA, 15 rue Ernest Calvat, 38000 Grenoble.
(3) G. Guyomarc'h *et al.*, Proceedings of 94' ISSW Snowbird (UTAH), de próxima aparición.
(4) T. Castelle *et al.*, 1994 Proceedings of the International Symposium on Snow & Related Manifestations, Manali (HP), India, 1994.
(5) L. Buisson, *Annals of Glaciology*, 18, 123, 1993.
(6) E. Brun *et al.*, *Journal of Glaciology*, 38, 128, 13, 1992.

ENFERMEDADES NEUROMUSCULARES: IMPEDIR LA MUERTE DE LAS NEURONAS

CIERTAS ENFERMEDADES DEGENERATIVAS DE LA MÉDULA ESPINAL PROVOCAN LA MUERTE DE LAS NEURONAS QUE GOBIERNAN LOS MÚSCULOS. CON EL TIEMPO, PODRÍAN UTILIZARSE VARIOS FACTORES PARA PROPICIAR LA SUPERVIVENCIA DE ESTAS NEURONAS.



La muerte de las motoneuronas, las células nerviosas que efectúan la unión con el músculo (véase la fotografía), provoca la parálisis y la atrofia muscular que se observa en ciertas enfermedades degenerativas de la médula espinal. El estudio de los factores neurotróficos, unas sustancias sintetizadas pot el músculo o por las células que envuelven las neuronas (células de Schwann) y que son las que mantienen en vida las neuronas, constituyen una de las vías de investigación para luchar contra estas enfermedades. Actualmente, se están descubriendo nuevos factores neurotróficos, especialmente el GDNF. Además, algunas combinaciones de factores (BDNF y CNTF) detienen la muerte de las motoneuronas en el ratón Wobbler, un modelo animal de las amiotrofias espinales infantiles. (Foto CNRI.)

Las neuronas reciben, propagan y transmiten señales. Por ejemplo, las neuronas motrices, o motoneuronas, controlan el conjunto de nuestras contracciones musculares y hacen pasar la información de la médula espinal a los músculos. A diferencia de las otras células, las neuronas han de asumir esta función durante toda la vida del organismo, ya que si se destruyen no son sustituidas. Hacer más lenta la muerte de las motoneuronas es el objetivo principal de los investigadores especializados en enfermedades que se caracterizan por una degeneración de las motoneuronas por causas desconocidas. Tal es el caso de la esclerosis lateral amiotrófica (ELA, uno a dos individuos de cada cien mil) o la amiotrofia espinal infantil (AEI, un individuo de cada seis mil). En el caso de la ELA, los primeros signos de la degeneración de las motoneuronas aparecen hacia la edad de cincuenta años. El paciente pierde progresivamente su fuerza muscular y muere en los dos años siguientes. La AEI, en cambio, es una enfermedad hereditaria que, en sus formas graves, puede conducir a la muerte antes de la edad de dos años. Debida a la alteración de un gen, todavía no identificado, en el cromosoma 5, representa, después de la mucoviscidosis, la enfermedad genética más frecuente en el niño. Actualmente no se dispone de ninguna terapia para tratar estas enfermedades, pero diversos estudios recientes sobre factores neurotróficos, que poseen la propiedad de mantener las neuronas con vida, alientan nuevas esperanzas.[1-3]

El primer factor neurotrófico, el NGF (*Nerve growth factor*) fue descubierto hace más de treinta años por Rita Levi-Montalcini, Stanley Cohen y Viktor Hamburger, de la universidad Washington de Saint Louis (los dos primeros recibieron el premio Nobel de medicina en

1986). Estos investigadores demostraron que el NGF permite la supervivencia y el crecimiento de ciertas neuronas, especialmente las neuronas sensoriales, durante el desarrollo del sistema nervioso. Recientemente, se han descubierto otros factores neurotróficos. Los más conocidos pertenecen, junto con el NGF, a la familia de las «neurotrofinas», expresadas esencialmente en los músculos. Se trata del BDNF (*Brain-derived neurotrophic factor*), el NT-3 (neurotrofina 3),[4] el NT-4/5 y el NT-6, el último que se ha descubierto (en un pez, a finales de 1994, por el equipo de Hans Thoenen, del Instituto Max Planck de Martinsried, en Alemania).[5] Los experimentos realizados por el equipo de Mariano Barbacid, del Pharmaceutical Research Institute, de Princeton, en colaboración con otros equipos (canadiense, norteamericano y alemán) han demostrado, sin embargo, que las neurotrofinas no son suficientes para garantizar la supervivencia del conjunto de las motoneuronas.[6] En efecto, la inactivación de los receptores por medio de los cuales actúan las neurotrofinas provoca la pérdida de la mitad solamente de las neuronas motrices. Este resultado, que sugiere la existencia de otros factores, concuerda con los que se han obtenido en estos dos últimos años combinando una neurotrofina, el BDNF, y un factor neurotrófico perteneciente a la familia de las citoquinas, el CNTF (*Ciliary neurotrophic factor*). El equipo norteamericano de Ronald Lindsay, de la empresa farmacéutica Regeneron, de Tarrytown, demostraba así, en 1993, que la asociación del CNTF con el BDNF es la más eficaz y produce *in vitro* un efecto casi tres veces mayor sobre la actividad motoneuronal que los dos factores tomados independientemente.[1] El mismo año, los ensayos del equipo de R.W. Oppenheim, de la Wake Forest University, de Winston-Salem (Estados Unidos), realizados *in ovo* en el pollo, indicaban también que inyecciones simultáneas de BDNF y CNTF favorecen la supervivencia de las motoneuronas.[2]

Finalmente, en agosto de 1994, los equipos de Lindsay e Hiroshi Mitsumoto, de la Cleveland Clinic Foundation, confirmaban la sinergia de estos dos factores *in vivo*, en el ratón Wobbler[3] Éste ratón es un modelo animal de las amiotrofias espinales humanas. Está afectado por un disfuncionamiento hereditario de su sistema motoneuronal, que se traduce en una debilidad muscular desde la edad de tres semanas, seguida de parálisis y atrofia de las extremidades anteriores a causa de la degeneración de las neuronas motoras. Los equipos de Lindsay y de Mitsumoto obtuvieron una suspensión de la enfermedad aplicando inyecciones subcutáneas de los dos factores en la región dorsal durante cuatro semanas. En cambio, la administración de uno solo de los factores únicamente frenaba la aparición de los síntomas. Administrados en combinación, el BDNF y el CNTF provocan, en comparación con un ratón no tratado, el aumento del 70 % de la masa muscular del bíceps; a la vez, la tensión del músculo se dobla, la atrofia de las fibras musculares se atenúa y su diámetro medio pasa de 18 µm a 29 µm. Finalmente, la pérdida neuronal se detiene. Según los investigadores, este efecto se debería a las propiedades complementarias de ambos factores. El CNTF actuaría evitando la pérdida de las neuronas dañadas, mientras que el BDNF restauraría la función de las neuronas accidentadas. Sin embargo, el papel del CNTF es difícil de identificar, y los trabajos actuales del equipo de Thoenen parecen contradecir aquella hipótesis, ya que los investigadores citados han demostrado que, en los ratones, las motoneuronas lesionadas tampoco mueren si el CNTF está inactivado.

ENSAYOS TERAPÉUTICOS

La asociación de BDNF y CNTF puede detener la enfermedad en el ratón Wobbles, pero ¿puede impedir su aparición? Para responder a esta pregunta habría que poder empezar la terapia antes de que la enfermedad se declarase. Hasta el momento, el problema que tenían que afrontar los investigadores era que había que esperar a que se manifestaran los primeros signos clínicos para saber qué animal iba a desarrollar la enfermedad. Ahora bien, en esta fase, muchas motoneuronas están ya muertas. Este obstáculo acaba de ser vencido por un equipo francés dirigido por P.A. Dreyfus, del INSERM.[7] Introduciendo un marcador «detectable» vinculado a la mutación Wobbler, estos investigadores pueden ahora predecir cuáles serán los animales enfermos, y hacerlo mucho antes de que aparezcan los primeros signos clínicos. Esto permitirá ensayar el papel preventivo de los factores neurotróficos.

Un factor neurotrófico purificado recientemente, el GDNF (*Glial cell line-derived factor*), podría ser todavía más interesante. El grupo de Christopher Henderson (INSERM), de Marsella, en colaboración con equipos norteamericanos y británicos observó que el GDNF actúa sobre la supervivencia de las neuronas motoras de rata, tanto *in vitro* como *in vivo*.[8] Su eficacia es 75 y 650 veces mayor que la del BDNF y CNTF respectivamente, pero no se ha hecho todavía la comparación con la combinación de estos dos últimos factores. Además, la administración del GDNF a ratas con neuronas motrices seccionadas protege a las neuronas de la muerte y de la atrofia, al menos durante seis días. El GDNF parece ser, lo mismo que la asociación BDNF/CNTF, un buen candidato al tratamiento de las enfermedades neuromusculares relacionadas con la muerte motoneuronal.

Las empresas farmacéuticas norteamericanas Regeneron y Synergen han empezado ya ensayos terapéuticos en el hombre y prevén ensayos que utilizarán el BDNF. Los resultados obtenidos después del tratamiento de 720 pacientes afectados de esclerosis lateral amiotrófica con inyecciones de CNTF intravenosas no han estado a la altura de las esperanzas que habían despertado. Después de seis meses de tratamiento, la mejora de los pacientes es muy modesta y los informes de las empresas responsables del programa CNTF mencionan serios efectos indeseables: tos, fiebre, pérdida de peso y activación del virus herpes que puede estar presente, en forma latente, en ciertas neuronas. No obstante, los ensayos prosiguen con dosis de CNTF menores, en espera de poder atenuar los efectos secundarios.

Según algunos investigadores, la clave del éxito del tratamiento no está en la dosis de factor utilizada, sino en su modo de administración. Hay que tener en cuenta que la vida media del CNTF en el plasma de una rata después de la inyección intravenosa es de 2,9 minutos, lo que da al factor poco tiempo para llegar a las motoneuronas. Según el neurobiólogo alemán Michael Sendtner, del Instituto Max Planck, de Martinsried, para obtener un efecto tangible, habría que inyectar directamente el CNTF en el líquido cefalorraquídeo en el cual están sumergidas las terminaciones de las motoneuronas.

Actualmente se están estudiando en el animal diversos métodos para conseguir administrar el factor de una manera menos concentrada, más regulada y con más acercamiento a la zona enferma. Pero, a corto plazo, la vía que parece más prometedora es la implantación, en contacto con el líquido cefalorraquídeo, de una cápsula permeable y biológicamente neutra que contenga células productoras del factor deseado. Un primer ensayo basado en esta técnica se ha empezado en enero de este año en el servicio de Patrick Aebischer en el CHU de Lausana (Suiza). Diez pacientes afectados de esclerosis lateral amiotrófica recibirán el implante de cápsulas con células de hamster modificadas por ingeniería genética para segregar CNTF. Estos ensayos están destinados a evaluar la tolerancia y la innocuidad de la técnica. Una vez puesta a punto, quedará todavía por determinar, tal como hemos visto, las combinaciones óptimas entre los diferentes factores.

CÉCILE GUYON

(1) V. Wong *et al.*, *Eur. J. Neurosci.*, *5*, 466, 1993.
(2) R.W. Oppenheim *et al.*, *Society For Neuroscience Abstracts*, *19*, 1993.
(3) H. Mitsumoto *et al.*, *Science*, *265* 1107, 1994.
(4) L. Tessarrollo *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, *91*, 25, 11844.
(5) R. Götz *et al.*, *Nature*, *372*, 266, 1994.
(6) R. Klein *et al.*, *Cell*, *75*, 113, 1993.
(7) V. des Porteset al., *Neuroreport*, *5*, 1861, 1994.
(8) C.E. Henderson *et al.*, *Science*, *266*, 1062, 1994.

INCENDIOS FORESTALES MEDITERRÁNEOS: UNA HISTORIA DE PINOS

EN EL MEDIODÍA FRANCÉS, GUIJARROS Y CARBONES DE MADERA FÓSILES REVELAN QUE LOS PRIMEROS INCENDIOS HABRÍAN APARECIDO AL MISMO TIEMPO QUE LAS POBLACIONES DE PINOS, HACE ONCE MILLONES DE AÑOS.

El bosque mediterráneo actual es el resultado de una adaptación profunda a los incendios. Aunque el hombre está fuertemente implicado en esta historia, en especial desde el inicio del periodo neolítico, hace siete mil años, es probable que el fenómeno sea mucho más antiguo[1] y que los incendios naturales sean endémicos en la región mediterránea. Nuestros recientes estudios en terrenos del Mediodía francés en la serie geológica de los Ajoncs (Alpes de Alta Provenza) aportan nuevos elementos para situar en el tiempo el inicio de los incendios forestales en esta región.

Una cronología basada en el estudio de los roedores fósiles recientemente establecida por J.P. Aguilar y J. Michaux, de la universidad de Montpellier, permite precisar que los terrenos estudiados tienen unas edades comprendida entre once y tres millones de años. Y el origen de los paisajes actuales del Mediterráneo data de este periodo. Se acababan de formar los grandes relieves alpinos y ya había aparecido el carácter seco del clima.[2] Por lo tanto los relieves y el clima de la época eran similares a los actuales y, en este sentido, el lugar de los Ajoncs es ideal para estudiar el problema del origen de los incendios en la región mediterránea y los tipos de vegetación implicados.

Este lugar está al pie de los Alpes Meridionales, en la parte norte de la cuenca de Valensole. Durante varios millones de años, en el momento de la formación de los Alpes, esta cuenca se fue llenando prácticamente de forma continua con series detríticas a causa de la erosión de la cadena alpina. Está formada por varios centenares de capas sucesivas de guijarros procedentes de los relieves próximos. En la parte superior de la serie de los Ajoncs se puede observar una coloración roja de los guijarros. Se trata de la rubefacción, que se debe a la cristalización de óxidos de hierro durante la alteración de las rocas. El aspecto de estos guijarros, rubeficados por zonas, su lustrado, y sus resquebrajaduras, nos llevaron a pensar que habían sufrido la acción del fuego, con más razón ya que había carbones de madera en algunos niveles. El método de la termoluminiscencia nos ha aportado la prueba decisiva.

Este método, desarrollado en el Centro de investigaciones de geología mediterránea de la universidad de Niza, utiliza la propiedad que poseen los minerales de las rocas de absorber energía y luego reemitirla en forma de luz cuando se aumenta su temperatura. Esta propiedad se utiliza ampliamente en ciencias de la Tierra.[3] Se puede determinar, por ejemplo, si una roca ha estado sometida a un aumento anormal de la temperatura. En este caso, la emisión luminosa es total o parcialmente borrada. De este modo se pueden determinar

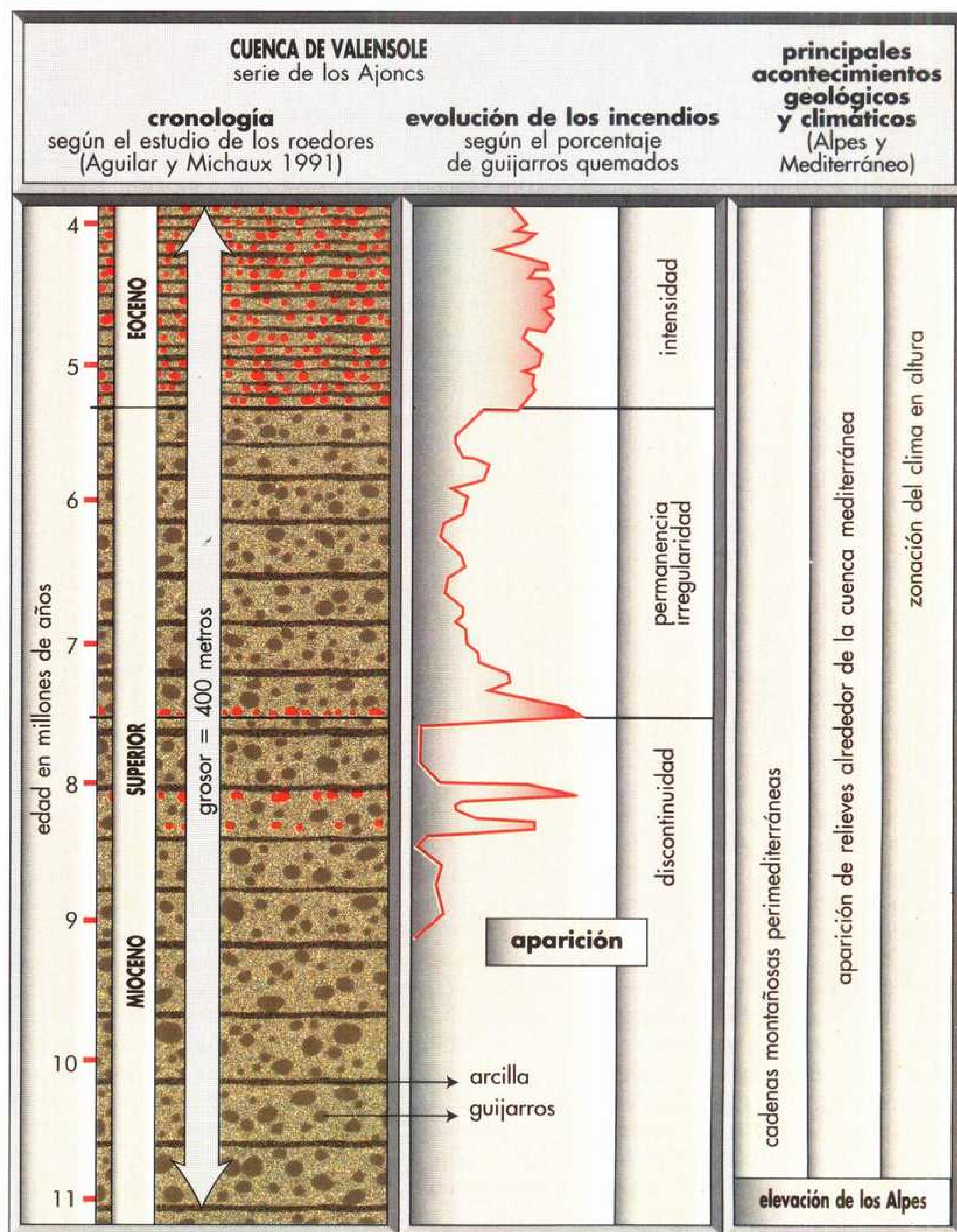


Figura 1. Los terrenos de la cuenca de Valensole, en el Midi francés, de edades comprendidas entre once y cuatro millones de años, están formados por centenares de capas sucesivas de guijarros con un grosor total de casi quinientos metros. En los niveles superiores, el aspecto de los guijarros y la termoluminiscencia demuestran que han sido quemados. Estos guijarros revelan por tanto la aparición de incendios forestales en la región hace unos diez millones de años. Estos primeros incendios son contemporáneos de la aparición de relieves en el contorno del Mediterráneo y de una zonación en altura del clima favorable al desarrollo de un nivel de pinos a alturas medias.

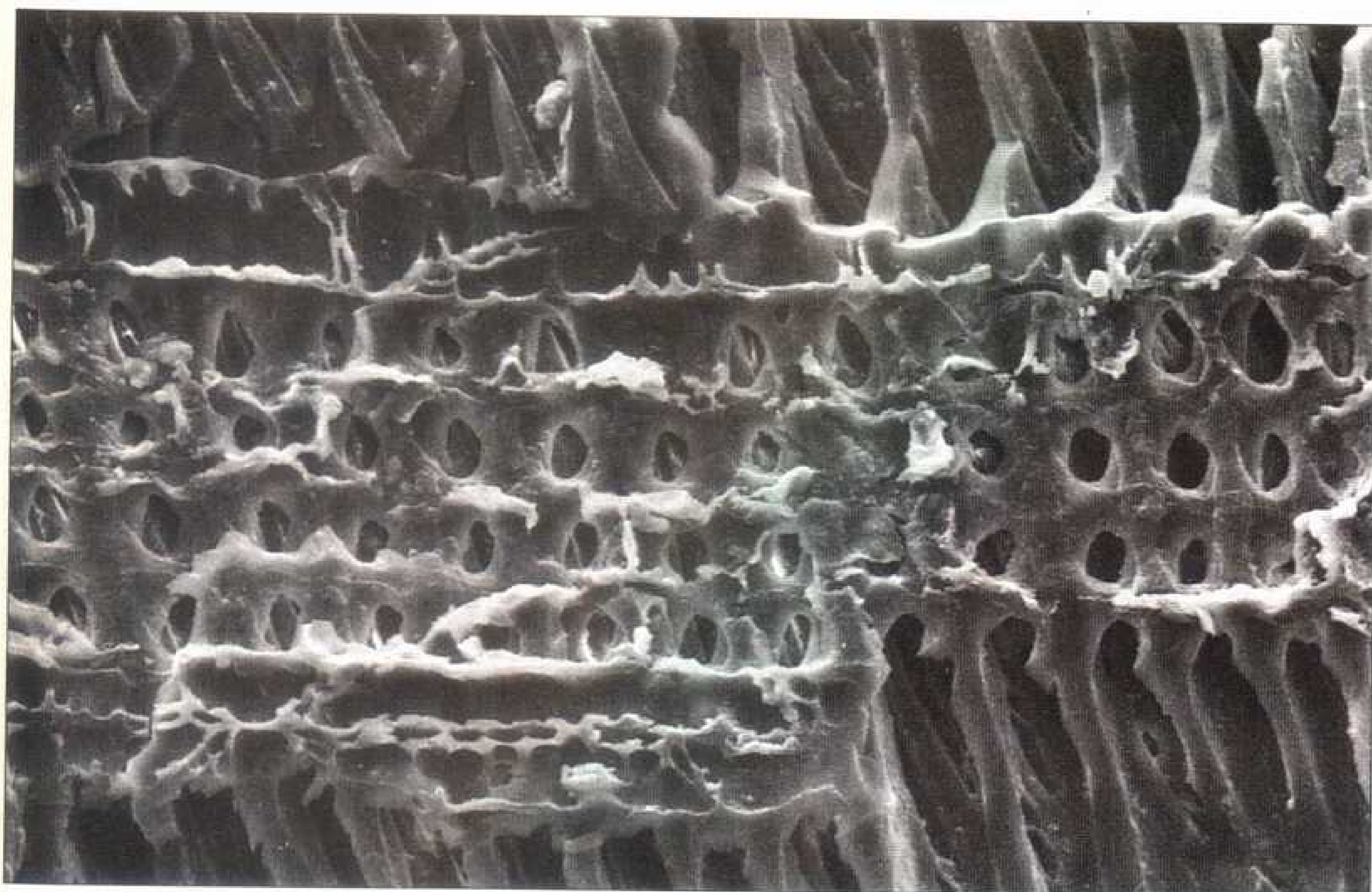


Figura 2. Los carbones de madera de pino son abundantes en algunos niveles de guijarros de la cuenca de Valensole. La fotografía, obtenida con microscopia electrónica de barrido, muestra un carbón de madera. La carbonización respeta las estructuras anatómicas de la madera original. El carbón de madera tiene una alta inercia química que explica su buena conservación, incluso después de varios millones de años enterrado. La estructura anatómica de la madera de las coníferas es relativamente sencilla. La fotografía muestra unos elementos verticales (traqueidas) en contacto con elementos horizontales (radios leñosos constituidos por células de parénquima y traqueidas radiales, en posición marginal). La zona de contacto entre los elementos horizontales y verticales muestra la presencia de puntuaciones particulares que permiten los intercambios de savia entre los dos tipos de elementos. Las grandes puntuaciones redondeadas, así como las traqueidas radiales de paredes dentadas, son características del pino silvestre y de los pinos negros. (Foto M. Thinon.)

en el laboratorio las temperaturas de incendios antiguos.[4] En el caso de la serie de los Ajoncs, hemos analizado sucesivamente guijarros de diferentes niveles de la agrupación detrítica. Los resultados han mostrado muy claramente una caída global de la intensidad de la termoluminiscencia en todos los guijarros rubeficados y sobre todo en los rubeficados hasta el centro.[5] En el laboratorio se ha efectuado una reproducción experimental de caídas de emisiones luminosas similares. Es necesaria una temperatura de 200 a 250 °C aplicada entre cinco y diez minutos. Se pueden considerar temperaturas del mismo orden de magnitud en el caso de incendios de una antigüedad de diez millones de años, como los de los Ajoncs, que rubeficaron las rocas cuando todavía estaban en su lugar de origen, en las vertientes, antes de ser descargadas por los torrentes a la cuenca de Valensole.

En la actualidad, los incendios forestales son frecuentes en el Mediodía de Francia. ¿Pasaba lo mismo hace más de diez millones de años? Aunque no se trata, por supuesto, de demostrar que en aquella época se declaraban incendios todos los años, su regularidad durante varios millones de años no ofrece duda, y los guijarros rubeficados están presentes en un grosor de más de doscientos cincuenta metros. Además, un trabajo de localización y de cartografía realizado en toda la cuenca parece que ya confirma que el fenómeno no sería local dado que estarían afectados todos los relieves vecinos. En cuanto a la evolución de estos incendios con el tiempo, una primera valoración la proporciona la variación del porcentaje de estos guijarros en un mismo corte vertical (fig. 1). Éste progresa netamente desde la base hacia la parte superior de la serie y parece que surge un umbral hacia cinco millones de años. Este crecimiento podría indicar un aumento de la frecuencia de los incendios.

¿Tenemos indicaciones sobre el tipo de vegetación afectada por los incendios? Un estudio de los carbones de madera fósiles conservados en algunos niveles de guijarros ha permitido identificar los vegetales leñosos implicados. Un muestreo representativo, analizado en el Instituto mediterráneo de ecología y de paleoecología del CNRS de Marsella, demuestra la fuerte dominancia de carbones de madera de pinos. No ha sido posible, a causa del mal estado de los carbones de pino, precisar si se trata del pino silvestre o del grupo de los pinos negros (fig. 2). En la muestra también hay algunos carbones de carpes-lúpulos. En la actualidad, en el sudeste de Francia, en Italia y en el norte de Turquía, se observan poblaciones mixtas de carpes y de pinos silvestres, y en los Balcanes, Córcega y Turquía existen asociaciones de carpes y de pinos negros. El carpe coloniza los lugares más húmedos mientras que los pinos son característicos de condiciones más secas. En cualquier caso, la muy neta dominancia de los carbones de madera de pino en los niveles de incendios de los Ajoncs indica unas condiciones de sequedad compatibles con la presencia de algunos carpes que, como los pinos, necesitan sol. En consecuencia, se puede pensar que el clima que reinaba en la región, hace una decena de millones de años, era bastante parecido al actualmente existente, tanto en la zona montañosa mediterránea como en Anatolia (Turquía), por ejemplo. Además, en aquella época, y en el conjunto de la cuenca mediterránea, el estudio de los pólenes muestra unos porcentajes importantes (del 30 al 40 %) de pólenes de pinos,[6] especialmente en las regiones montañosas,[7] unos porcentajes que pueden ser el reflejo de la existencia, en altitud, de un nivel de coníferas.

Los pinos, que actualmente cubren grandes superficies en la región mediterránea, constituyen un medio propicio a los incendios. También se trata de vegetales que aprovechan el fuego adaptándose muy fácilmente a las zonas incendiadas. En el pasado, los incendios de origen natural pudieron afectar lo suficiente a las formaciones de coníferas de mediana altitud para dejar trazas evidentes como las observadas en la serie de los Ajoncs.

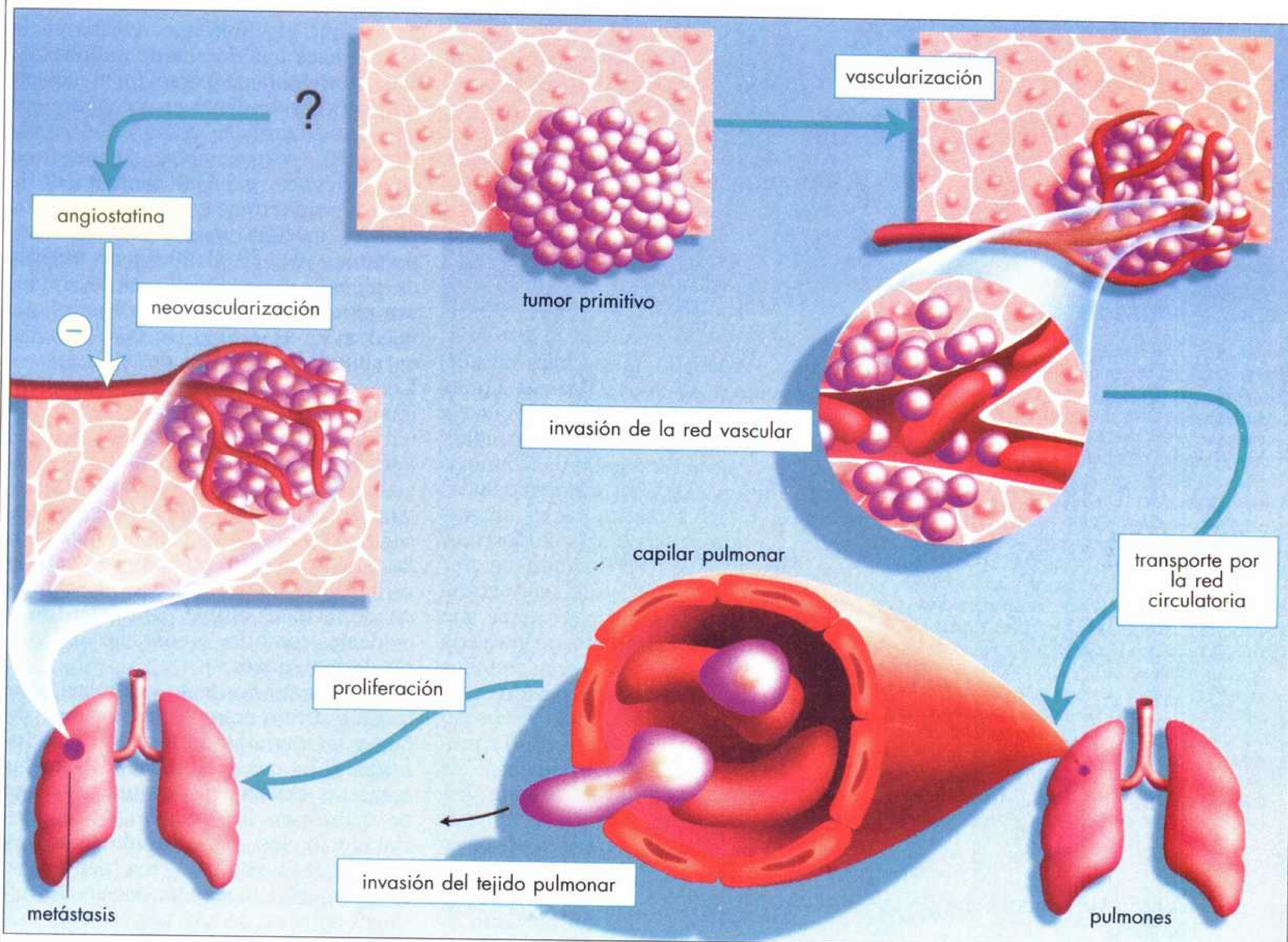
¿Puede existir por tanto una relación de causa y efecto entre la presencia de pinos y la aparición de los incendios forestales? Es una posibilidad, aunque las coníferas existían mucho antes de que se declarasen los primeros incendios. En efecto, los incendios de la región mediterránea podrían tener por origen la emergencia, hace una decena de millones de años, de una vegetación a media altitud constituida fundamentalmente por pinos. La diferenciación de este nivel no se debería a un cambio del clima general, sino que estaría relacionado con el alzamiento de las cadenas alpinas al final del Mioceno. La formación de los relieves, en particular la aparición de frentes superpuestos subalpinos en los bordes de las cuencas, habría provocado una nueva distribución de la vegetación. Los pinos pudieron alcanzar entonces una extensión considerable en las vertientes de altura media. En definitiva, se puede decir que el nacimiento de los incendios forestales en el Mediterráneo se debe a la interferencia de la tectónica y del clima. En cierto sentido, a la escala de los tiempos geológicos, es una consecuencia tardía de la colisión entre África y Europa. Se trata de una consecuencia inesperada de la tectónica de placas.

M. DUBAR, J.-P. IVALDI Y M. THINON

(1) P. Quézel. *in* P. Pesson, *Actualités d'Ecologie forestière*, Bordas, 1980.
(2) J.P. Suc, *Nature*, *307*, 429, 1984.
(3) J.P. Ivaldi, Tesis en Ciencias de la Tierra, Univ. de Niza, 1989.
(4) H. Valladas, *C. R. Acad. Sci. Paris*, *296*, 993, 1983.
(5) M. Dubar, J.P. Ivaldi y M. Thinon, *C. R. Acad. Sci. Paris*, en prensa.
(6) J.P. Suc y E. Bessais, *C. R. Acad. Sci. Paris*, *310*, 1701, 1990.
(7) H. Chikki, *Géologie méditerranéenne*, *XIX*, 19, 1992.

¿JAQUE A LAS METÁSTASIS?

EL DESCUBRIMIENTO DE UNA MOLÉCULA, LA ANGIOSTATINA, QUE INHIBE EL DESARROLLO DE METÁSTASIS CANCEROSAS EN EL RATÓN, ABRE NUEVAS PERSPECTIVAS TERAPÉUTICAS. PERO SE IMPONE LA PRUDENCIA.



En los tumores cancerosos primitivos se crean redes vasculares a través de las cuales las células tumorales se difunden frecuentemente hacia otros órganos (aquí el pulmón). Un vez allí, las células tumorales escapan del sistema vascular, se multiplican en los tejidos y dan lugar a unos tumores secundarios, las metástasis. Éstas, al vascularizarse, pueden crecer y difundirse a su vez. Unos investigadores norteamericanos, por medio de un modelo animal de metástasis del pulmón, han demostrado que éstas pueden quedar inhibidas por una molécula, la angiostatina, cuya síntesis, de origen todavía desconocido, requiere la presencia del tumor primitivo y que actúa frenando la vascularización de las metástasis.

Un cáncer no siempre se caracteriza por un solo tumor, localizado en un punto preciso y extirpable por simple operación quirúrgica. A menudo, este tumor primitivo da origen a metástasis, o tumores secundarios, dispersos por el organismo. Estas metástasis son las más difícilmente curables, debido a su dispersión, y la cirugía no suele lograr extirparlas.

Desde principios de siglo, sin embargo, los cancerólogos sospechan que el tumor primitivo frena el crecimiento de las metástasis. Se han adelantado muchas hipótesis al respecto, algunas de las cuales suponen la existencia de alguna sustancia capaz de inhibir la división de las células metastáticas y, por extensión, su proliferación. Pero no se ha logrado descubrir ningún producto de este tipo *in vivo*. Desde hace unos años, los investigadores se interesan por otra hipótesis, según la cual habría moléculas que inhiben la formación de vasos sanguíneos (angiogénesis), sin los cuales el tumor, primitivo o secundario, no puede crecer. A fines de 1994, en la Escuela de medicina de Harvard, en Boston, Judah Folkman y sus colegas encontraron una proteína, la angiostatina, que suprime casi totalmente el crecimiento de las metástasis en un modelo animal.[1]

Estos biólogos injertaron células de un cáncer pulmonar (el carcinoma pulmonar de Lewis) en la piel del lomo de ratones sanos. Estas células tumorales se multiplicaron, formando un tumor primitivo, al tiempo que inducían el nacimiento de una red vascular ligada al sistema sanguíneo y linfático a través de la cual podían difundirse por el organismo. Las metástasis así formadas pueden vascularizarse a su vez e invadir otros órganos (véase la figura). Unos días después, el equipo de Folkman retiró el injerto tumoral en la mitad de los ratones, dejando que los demás sirvieran de testigos. Unos quince días más tarde, las metástasis de los ratones testigo fueron comparadas con las de los ratones carentes de carcinoma pulmonar. Los investigadores advirtieron en estos últimos un importante de-

(1) M. O'Reilly *et al.*, *Cell, 79*, 315, 1994.
(2) B. Vandenbunder *et al.*, *Médecine/ Sciences, 10*, 516, 1994.
(3) L.A. Liotta *et al.*, *Cell, 64*, 327, 1991.
(4) K.M. Dameron *et al.*, *Science, 265*, 1582, 1994.
(5) I.J. Fidler, L.M. Ellis, *Cell, 79*, 185, 1994.
(6) B. Vandenbunder, M.-F. Poupon, *Médecine/ Sciences, en prensa, 1995.*

sarrollo de metástasis en el pulmón asociado a la formación de nuevos vasos que las irrigaban. Los ratones testigo, en cambio, tenían unas metástasis microscópicas poco vascularizadas o no vascularizadas. Estos resultados sugerían que el tumor primitivo de la piel ejerce una acción inhibidora sobre la vascularización de sus metástasis pero al parecer no impide que las células metastáticas ya vascularizadas se difundan por el pulmón. Se repitió el experimento con ratones desprovistos de sistema inmunitario: los resultados, idénticos, demostraban que las células inmunitarias no están implicadas en la reducción de la angiogénesis de las metástasis.

UNA SUSTANCIA DE ORIGEN TUMORAL INHIBE LAS METÁSTASIS

Dado que el efecto inhibidor del tumor primitivo se ejerce sobre las metástasis del pulmón, distantes de aquél, los investigadores supusieron que había una sustancia transportada por el sistema circulatorio. Pero la inhibición ejercida por esa sustancia, ¿es directa o no? Para averiguarlo, injertaron en la córnea del ojo de ratón un pequeño cubo de polímero embebido con un factor de crecimiento que activa la formación de nuevos vasos. Éstos eran visibles seis días después en la córnea de los ratones sin carcinoma, mientras que estaban ausentes de la de los ratones testigo. El resultado confirmaba que una sustancia de origen tumoral, o cuya síntesis requiere la presencia de un tumor, es capaz de impedir directamente la angiogénesis de las metástasis. Además, el suero sanguíneo y la orina de los ratones testigo son capaces *in vitro* de inhibir la proliferación de varios tipos de células endoteliales, pero no tienen ningún efecto sobre otros tipos celulares. Las células endoteliales tapizan la pared de los vasos sanguíneos y la angiogénesis supone, a la vez, su proliferación y su migración.

El análisis del suero y de la orina de los ratones testigo permitió purificar una proteína de ochocientos doce aminoácidos que los investigadores han denominado angiostina. Dicha molécula corresponde a un fragmento de una molécula sin acción sobre la angiogénesis, el plasminógeno, precursor en la sangre de la plasmina, un «disolvente» de los coágulos de fibrina.

Los trabajos del equipo de Folkman demuestran que el crecimiento de las metástasis es inhibido, en parte al menos, por la angiostatina producida en presencia de un carcinoma pulmonar de Lewis. Sin embargo, no todos los tumores inhiben siempre sus metástasis y algunas lo hacen por otros medios. Además, estos investigadores han utilizado un modelo animal particular en el cual las células tumorales injertadas son una mera representación simplificada de un tumor humano.

Por otra parte, la acción de la angiostatina no excluye la presencia de otros factores, antiangiogénicos o no para los tumores pulmonares. Además, se sabe que la angiogénesis depende del equilibrio entre moléculas que la activan, como la angiogenina o las prostaglandinas E1 y E2, y factores que la inhiben, como la trombospondina.[2,3] Así, un equipo de la Escuela de medicina de la universidad de Chicago ha demostrado recientemente que la tasa de producción de trombospondina depende de la ausencia o la presencia del gen *p53*, un gen supresor de tumores.[4] Si éste sufre una mutación, la síntesis de trombospondina es débil y los tumores se vascularizan.

A pesar de todo, la angiostatina parece ser un factor muy importante de la supresión de metástasis pulmonares en el modelo experimental descrito por Folkman y sus colaboradores. Pero, mientras que la trombospondina es directamente producida por el tumor primitivo, nada indica todavía que lo mismo ocurra con la angiostatina. Podría ser, por ejemplo, que un enzima secretado por el tumor transformara el plasminógeno en angiostatina. Pero también hay que contemplar la posibilidad de que ésta provenga directamente de las células del tumor primitivo o de un plasminógeno digerido por enzimas de células inmunitarias infiltradas en el carcinoma. Son cosas que quedan por determinar.

¿Pueden desembocar estos descubrimientos en tratamientos anticancerosos eficaces? Ante todo, dichos hallazgos confirman que el crecimiento de las metástasis es el resultado de un proceso complejo de regulación en el que intervienen varias moléculas. Como apuntan Isaiah Fidler y Lee Ellis, de la universidad de Texas, en Houston, se está lejos de un proceso de proliferación celular totalmente anárquico.[5] Según Bernard Vandenbunder, del Instituto Pasteur de Lille, y Maire-France Poupon, del Instituto Curie de París, no hay que olvidar que el modelo animal del equipo de Folkman no refleja todos los tipos de cánceres humanos y que no es posible sacar conclusiones acerca del tratamiento quirúrgico de los tumores primitivos.[6] En lo inmediato, los estudios con animales tratarán de verificar si las moléculas inhibidoras de la angiogénesis, como la angiostatina, pueden servir para frenar o prevenir el desarrollo de las metástasis.

PASCALE PEIGNEN

SUPERCONDUCTORES DE ALTA TEMPERATURA: EL DEBATE SE CALDEA

OCHO AÑOS DESPUÉS DE SU DESCUBRIMIENTO, LA SUPERCONDUCTIVIDAD A ALTA TEMPERATURA NO HA REVELADO TODAVÍA TODOS LOS SECRETOS DE SU MECANISMO.

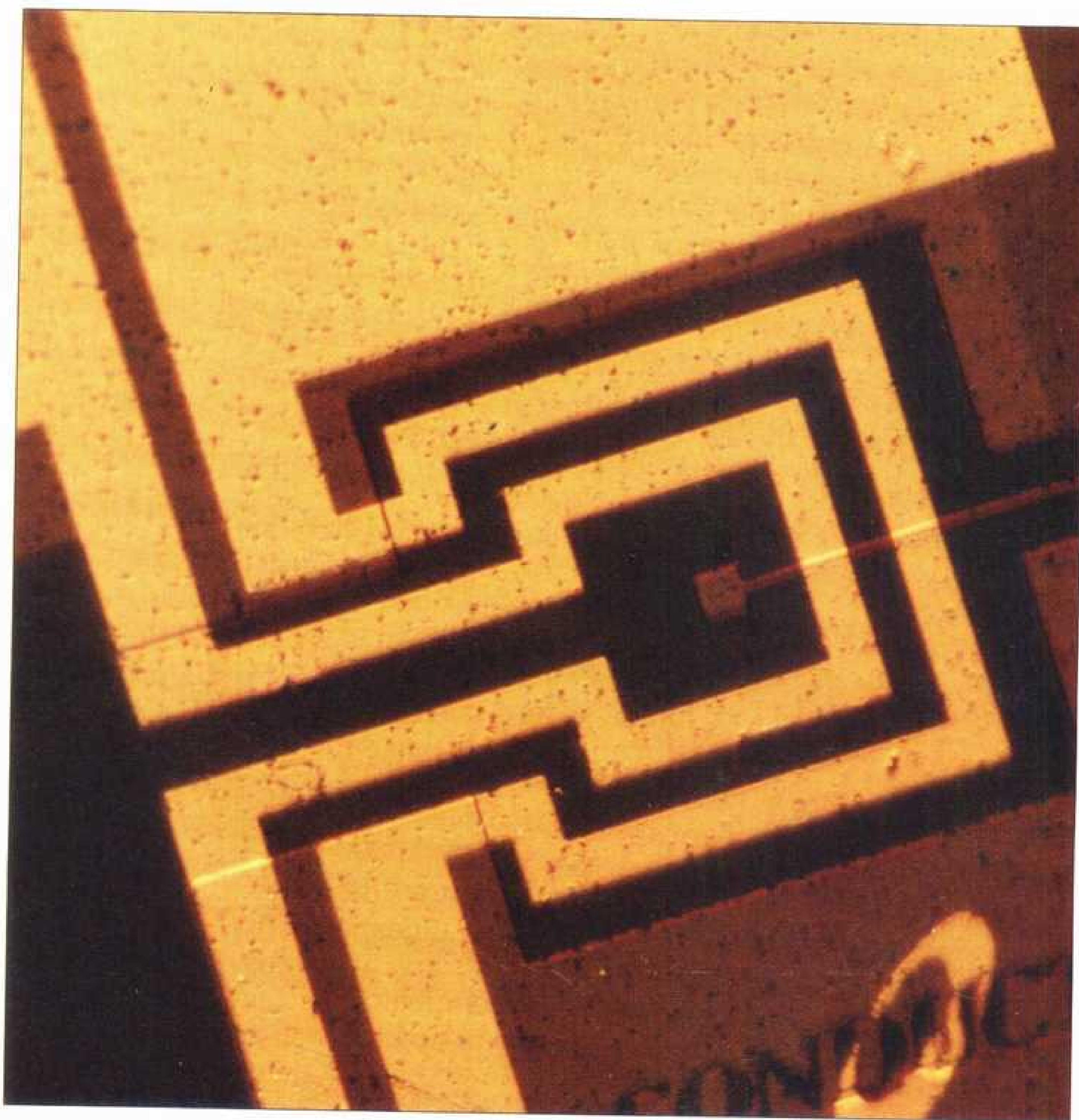
Conducen la corriente eléctrica sin ninguna disipación y, por este motivo, suscitan grandes esperanzas de cara a aplicaciones electrónicas o electrotécnicas: son los materiales superconductores, que lamentablemente sólo se comportan como tales por debajo de una cierta «temperatura crítica», generalmente muy baja. En 1986 se descubrieron unos compuestos, llamados corrientemente cupratos (contienen cobre y oxígeno), que poseen una temperatura crítica relativamente elevada (hoy en día 135 K, es decir, -138 °C), y por tanto son más prometedores en lo tocante a aplicaciones (véase «Los superconductores de alta temperatura», *Mundo Científico*, nº 123, abril, 1992). Desde este descubrimiento fundamental, teóricos y experimentadores se interrogan acerca del mecanismo que da origen a la superconductividad a alta temperatura. El asunto es importante, pues de él depende la posibilidad de saber si la temperatura crítica puede alcanzar nuevos récords. Además, varios trabajos recientes (de 1993 y 1994) han reavivado el debate entre los especialistas. ¿Cuál es la situación actual?

En los superconductores convencionales, el mecanismo de superconducción está bien identificado: los electrones se asocian por pares, llamados «pares de Cooper», que dan origen a la superconductividad. Su formación deriva de una interacción entre los electrones y los *fonones*, cuantos de vibración de la red cristalina. En los cupratos, el emparejamiento de los electrones se produce efectivamente, pero la «teoría BCS», propuesta en 1957 por los norteamericanos J. Bardeen, L.N. Cooper y J.R. Schrieffer, que supone que los electrones y los fonones interactúan débilmente, no es directamente aplicable a dichos nuevos compuestos. ¿Es suficiente perfeccionar esta teoría preservando sus fundamentos, o hay que buscar un nuevo mecanismo de formación de pares o incluso renunciar a nuestra descripción habitual de los metales?

En los últimos años, el debate se ha centrado en dos tipos de análisis teórico. Para unos, el mecanismo de formación de pares de electrones sigue siendo del tipo BCS, pero con una interacción electrón-fonón no débil sino más o menos fuerte. Por otra parte, se sabe también que, en estos cupratos, los momentos magnéticos de los electrones de los iones cobre interactúan fuertemente. Algunos teóricos ven en esta interacción magnética el origen del emparejamiento; dicho mecanismo, además, sería radicalmente nuevo. En varios experimentos recientes se han sometido a prueba las consecuencias observables de ambas hipótesis.

La superconductividad es un fenómeno esencialmente cuántico, por lo que son necesarias algunas nociones de mecánica cuántica para comprender la situación. El estado de un electrón, por ejemplo en el átomo de hidrógeno, está representado por una «función de onda», cuyo valor en cada punto está directamente relacionada con la probabilidad de presencia en dicho punto. *A priori*, son posibles varias funciones de onda. En el caso más simple, la probabilidad de encontrar el electrón en el espacio es la misma en todas direcciones y la función de onda es isótropa: se dice entonces que es de tipo S. Las demás funciones de onda son anisótropas; en lo que concierne a los electrones de un superconductor, la segunda función de onda que habremos de considerar es la de tipo D, una de cuyas características esenciales es el hecho de cambiar de signo en función de la dirección, de lo que se sigue una anulación para ciertas direcciones. En la onda S, en cambio, no hay cambio de signo ni anulación.

Dichas propiedades se aplican también a la función de onda que, en el estado superconductor, describe el movimiento



Desde 1986, fecha de su descubrimiento, los superconductores de temperaturas relativamente elevadas plantean difíciles problemas a los teóricos. Todavía no se sabe si el mecanismo responsable del agrupamiento de los electrones por pares —que está en el origen de la superconductividad— es o no similar al de los superconductores convencionales. Un mejor conocimiento de este mecanismo permitiría facilitar la aparición de aplicaciones, pese a que ya las hay. La foto muestra un componente electrónico a base del compuesto superconductor $YBa_2Cu_3O_7$ (de color oscuro), que funciona a la temperatura del nitrógeno líquido. Se trata de un SQUID (Superconducting Quantum Interference Device), fabricado por la sociedad norteamericana Conductus Inc., que sirve para medir campos magnéticos muy débiles (el lado del cuadrado mide 0,25 mm). (Foto N. Bontemps.)

de un electrón con respecto a otro en los pares de Cooper. *A priori*, esta función de onda, llamada «parámetro de orden», puede tener los diferentes tipos S y D que acabamos de mencionar. Pero mientras que el mecanismo convencional de emparejamiento (BCS) conduce a una simetría de tipo S, la formación de pares por medio de interacciones magnéticas debería conducir a una simetría de tipo D. Recientemente, los físicos han efectuado dos tipos de experimentos para distinguir un emparejamiento de tipo S de otro de tipo D, y por tanto para abogar por un mecanismo convencional o por otro distinto.

El primer tipo de experimentos consiste en interponer una lámina muy fina de aislante entre dos superconductores. En 1962, el británico B. Josephson demostró que los pares de Cooper pueden franquear este obstáculo —o «unión»— por efecto túnel (un efecto específicamente cuántico). Incluso en ausencia de diferencia de potencial aplicada a los bornes de la unión, circula una corriente sin disipación de energía. Lo notable es que el valor de esta «supercorriente» depende de la naturaleza del «parámetro de orden» de los superconductores situados a uno y otro lado de la unión.

Si los superconductores son distintos —uno de tipo S y el otro de tipo D— es de esperar que la supercorriente sea nula. Se puede demostrar, en efecto, que el cambio de signo del «parámetro de orden» en el superconductor de tipo D conduce a interferencias destructivas. Sobre esta base, el equipo de R.C. Dynes, de la universidad de San Diego, en California, ha fabricado una unión entre un cristal de $YBa_2Cu_3O_7$ (superconductor a 91 K) y una capa de plomo (superconductora a 7,2 K); se ha observado una corriente túnel no nula, de donde se concluye que el $YBa_2Cu_3O_7$ debe ser de tipo S.[1]

Otro test experimental consistiría en poner de manifiesto directamente el cambio de signo del «parámetro de orden» de un determinado superconductor. ¿Cómo lograrlo? La supercorriente que atraviesa una unión cambia de signo cuando lo hace el «parámetro de orden» de uno de sus superconductores. Se puede poner de manifiesto este cambio de signo midiendo la suma de las corrientes que circulan por uniones convenientemente elegidas. El truco consiste en utilizar el cambio de signo del «parámetro de orden» en el superconductor de tipo D cuando la dirección cambia 90º: si las dos uniones se realizan en sendas caras de un mismo cristal que forman un ángulo de 90º, las corrientes que pasan por ambas uniones tienen sentido contrario y la corriente resultante es nula. Basándose en este principio, S.A. Wollman, D.J. Van Harlingen y sus colegas, de la universidad de Illinois, en Urbana, han fabricado un circuito con dos uniones en ángulo recto entre un cristal de $YBa_2Cu_3O_7$ y una capa de plomo. La conclusión del experimento habla en favor de una función de onda D y por tanto de un emparejamiento no convencional.[2]

Un tal efecto de interferencia ha sido analizado por otros equipos con dispositivos ligeramente distintos: dos equipos en IBM (Yorktown Heights) y uno en la Escuela politécnica de Zurich (ETH). También en este caso, las conclusiones son divergentes. P. Chaudhari y Shaw-Yu Lin, de IBM, han analizado muy cuidadosamente estos efectos midiendo la corriente resultante de seis uniones completamente artificiales dispuestas formando distintos ángulos. Estos investigadores estiman que la componente D de la función de onda es muy débil.[3] C.C. Tsuei y sus colegas, también de IBM, llegan, como es de suponer, a la conclusión opuesta a partir de medidas con tres uniones, también artificiales.[4] D.A. Brawner y H.R. Ott, de Zurich, que trabajan con una muestra natural de calidad cristalina en principio superior, también llegan a la conclusión de que el emparejamiento es de tipo D.[5]

UNOS EXPERIMENTOS SIMILARES Y UNAS CONCLUSIONES CONTRADICTORIAS

¿Cómo es posible que experimentos similares conduzcan a conclusiones contradictorias? Aunque simples en su concepción, estos experimentos se efectúan en muestras especialmente diseñadas y realizadas para responder a las exigencias de determinadas medidas. Sin embargo, no es seguro que respondan perfectamente a las «normas» del experimento. Además, hay ciertos parámetros, como el eventual efecto de un campo magnético residual y el papel de los defectos cristalinos, que no están realmente controlados.

El segundo tipo de experimentos ideados para precisar la naturaleza S o D del emparejamiento de los electrones se basa en una propiedad fundamental de los superconductores: en presencia de un campo magnético, se inducen unas supercorrientes que crean a su vez un campo magnético perfectamente opuesto al campo inicial dentro del superconductor. El campo magnético es «expulsado» del superconductor. No obstante, este campo no puede pasar brutalmente de un valor no nulo (fuera del material) a otro nulo (dentro de él). En realidad, el campo se anula al cabo de una distancia característica llamada longitud de London (aproximadamente 0,15 mm en $YBa_2Cu_3O_7$). La expulsión del campo es tanto más eficaz cuanto más corta es dicha longitud. Es plausible que esta eficacia sea tanto mayor cuanto más elevado sea el número de pares superconductores por unidad de volumen. Medir la longitud de London significa, pues, acceder a la densidad de pares. Si el parámetro de orden nunca se anula (tipo S), la densidad de pares no cambia mientras la energía de activación térmica sea muy inferior a un cierto valor, que es el mínimo necesario para disociar un par. La longitud de London, por lo tanto, es prácticamente constante a baja temperatura. En cambio, el parámetro de orden, si cambia de signo, debe anularse en ciertas direcciones del espacio. Ello implica que la energía necesaria para romper un par es nula en estas direcciones. La agitación térmica disocia entonces los pares a partir de las temperaturas más bajas y la densidad de éstos disminuye al aumentar la temperatura. Así, en el caso de un emparejamiento de tipo D, la longitud de London aumenta linealmente con la temperatura (a baja temperatura).

Las medidas más precisas de la longitud de London a baja temperatura se han obtenido examinando la reacción del material ante una onda electromagnética. El equipo que ha obtenido mejores resultados en este campo es sin duda el de W. Hardy, de Vancouver (Canadá). Por medio de cristales de $YBa_2Cu_3O_7$ de notable calidad, este equipo ha puesto de manifiesto una variación lineal de la longitud de London con la temperatura, un resultado compatible con un emparejamiento de tipo D.[6] Otros equipos, en cambio, han observado una variación proporcional al cuadrado de la temperatura en capas delgadas artificiales de $YBa_2Cu_3O_7$.[7,8] ¿Es posible reconciliar estas dos observaciones aparentemente contradictorias? Una posible explicación reside en que, en las capas artificiales, menos perfectas que los monocristales, los defectos enmascaran el comportamiento intrínseco.[9] Pero esta explicación choca con otra contradicción: estos eventuales defectos tendrían que reducir significativamente la temperatura crítica, cosa que no ocurre. Tales medidas tampoco aportan respuestas inambiguas.

Entonces, ¿la función de onda es S o D? ¿El emparejamiento es o no de tipo convencional? La incertidumbre persiste porque las informaciones que dan los experimentos son contradictorias. Para disiparla, sería preciso que los distintos equipos intercambiaran sus muestras y su modo de proceder, una actitud que se enfrenta con la atmósfera competitiva reinante.

NICOLE BONTEMPS
Y ROLAND COMBESCOT

(1) A.G. Sun *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, *72*, 2267, 1994.
(2) D.A. Wollman *al.*, *Phys. Rev. Lett.*, *71*, 2134, 1993.
(3) P. Chaudhari y Shawn-Yu Lin, *Phys. Rev. Lett.*, *72* 1084, 1994.
(4) C.C. Tsuei *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, *73*, 593, 1994.
(5) D.A. Brawner y R.H. Ott, *Phys. Rev.*, *B 50*, 6530, 1994.
(6) W.N. Hardy *et al.*, *Phys. Rev. lett.*, *70*, 3999, 1993.
(7) J.M. Pond *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, *59*, 3033, 1991.
(8) F. Gao *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, *63*, 2274, 1993.
(9) J. Annett *et al.*, *Phys. Rev.*, *B 43*, 2778, 1991.

LA SOCIEDAD FRANCESA, A PRUEBA ANTE EL SIDA

***A**l margen de los procesos que agitan al* **establishment** *científico y político, la epidemia de sida es una acusación a las autoridades sanitarias y a las prácticas médicas.*
En primer lugar, porque Francia se distingue por una proporción excepcionalmente elevada de infecciones por transfusiones sanguíneas ordinarias (unas diez a veinte veces superior a la de países como Alemania o Gran Bretaña). Y, en segundo lugar, porque tiene un porcentaje también muy alto de infecciones en toxicómanos: el 40% contra el 10% en Gran Bretaña.
Muchos especialistas se preguntan cuáles son las razones profundas de la inadecuación de las respuestas que se dan en Francia a una epidemia que, por lo demás, presenta las mismas características que en el resto de los países desarrollados. Dos autores estiman, sobre todo, que el sistema sanitario francés está maleado por un concepto técnico de la medicina que se mantiene a causa de una enseñanza defectuosa, y hacen una llamada a «una visión nueva de la salud, una nueva cultura» (véase «La institución médica, acusada»).
Para un sociólogo, el caso de los toxicómanos revela contradicciones profundas dentro de la sociedad y demuestra la necesidad de un reconocimiento social de los grupos de riesgo.
El análisis de las campañas de prevención incita a un filósofo a hurgar en un tabú: «Estamos todavía demasiado impregnados de la mentalidad pasteuriana», que nos hace olvidar la idea de responsabilidad individual.
Finalmente, una encuesta en profundidad sobre la conducta sexual de los adolescentes alerta contra la evidencia errónea de los mensajes publicitarios en favor del uso del preservativo.

MUNDO CIENTÍFICO

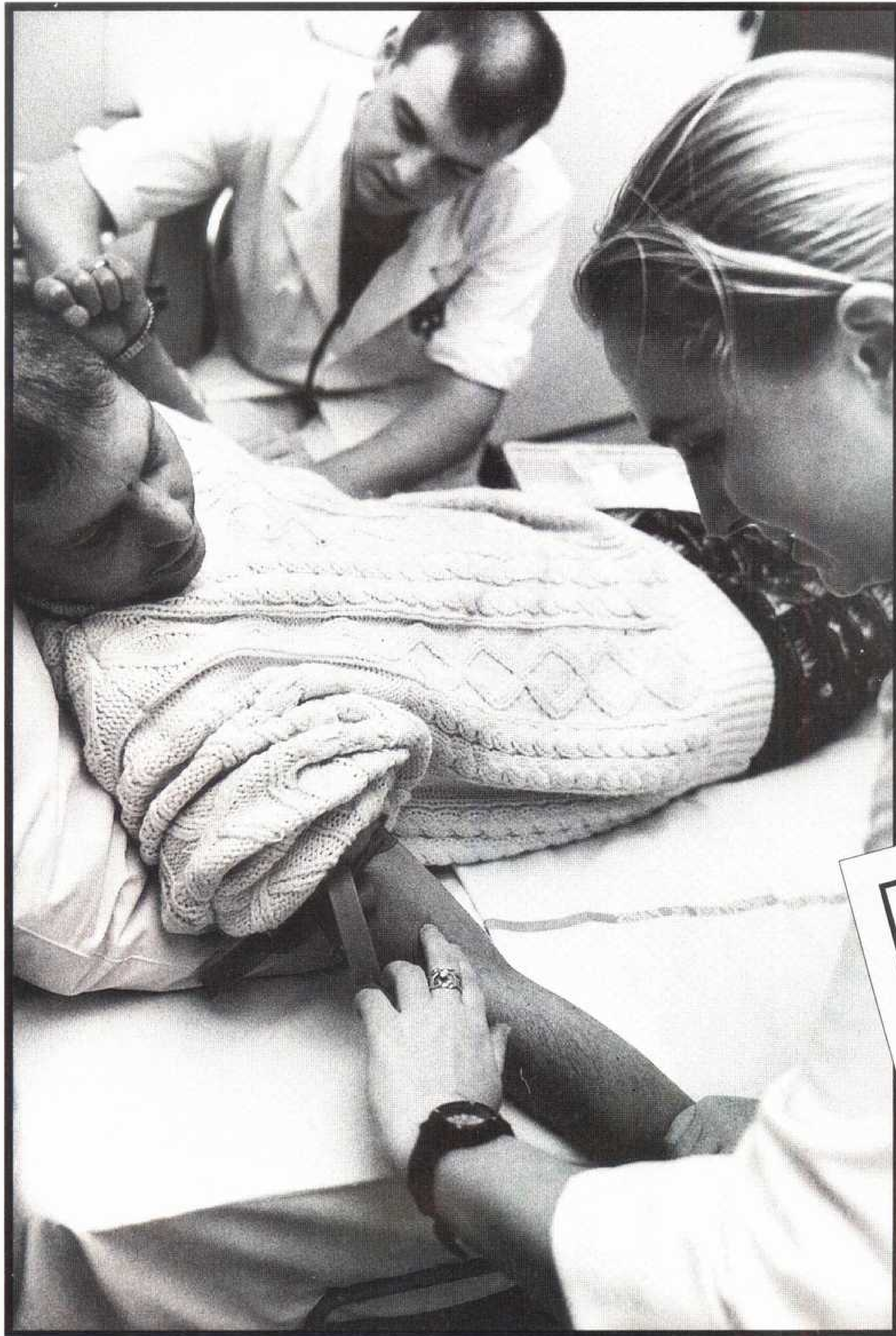




(7ª jornada antisida, 1 de diciembre de 1994, París. Foto Daher/Gamma)

La institución médica, acusada

FRANÇOIS GRÉMY Y ANDRÉ BOUCKAERT



Según el historiador y filósofo de las ciencias Thomas Kuhn, la historia de todo un campo científico es una sucesión de fases «normales» separadas por discontinuidades o «crisis».[1] Las fases normales se caracterizan por una relativa unanimidad de la comunidad científica sobre los objetivos, los métodos, las presuposiciones y los fundamentos teóricos de la ciencia considerada. Esta base común, socialmente aceptada, constituye el «paradigma» de tal ciencia.

En la medicina actual, su sistema de creencia se remonta a Estados Unidos, en vísperas de la primera guerra mundial, cuando el bacteriólogo norteamericano A. Flexner redactó y publicó dos informes sobre la educación médica en América del Norte y en Europa. En estos informes se unía indisolublemente la práctica de la investigación médica con la biología. Este nuevo paradigma se designó con la expresión de «modelo biomédico» o «modelo curativo». Podría hablarse también de «medicina triunfante». Los fundamentos filosóficos implícitos en esta doctrina



Este artículo está adaptado de un texto de los mismos autores publicado en la revista *Ethique*, 1994 (nº 12). *Ethique*, Eds. Universitaires, 13 rue R. Losserand 75014 París.

***A**trapado en la medicina técnica, el sistema médico-social francés se ha encontrado desamparado frente al problema más grave de salud pública aparecido desde hace un siglo. La cultura de la prevención está por inventar. Los autores apuntan ideas y enumeran los motivos que existen para cuestionar el concepto mismo de la medicina.*

hay que buscarlos en la idea cartesiana que describe el cuerpo como una máquina, y se basan en el principio de la explicación exclusiva de lo complejo por lo elemental. La constatación del declive de las enfermedades infecciosas, contemporáneo de la aparición de los antibióticos, apoyó la idea de que la medicina tiene actualmente el poder de controlar, e incluso de curar, los procesos patológicos gracias a los progresos sostenidos y a veces fulgurantes de la biología humana, logrados en el pasado, en el presente e, indudablemente, en el futuro.

Esta idea básica se afirmó en Francia con el hecho de que la Seguridad Social, creada por una ordenanza de 1945 y destinada a asegurar la protección de la *salud*, se dotó exclusivamente de unos organismos llamados Seguro de *enfermedad*. Este acto de fe en las todopoderosas terapéutica y técnica condujo a centrar todos los esfuerzos en la restitución de la salud y no en su protección.

La prevención, es decir, la reducción de los riesgos, cayó en el olvido (por aquel entonces las vacunaciones no eran abonables), y la educación para la conservación de la salud se consideraba como una actividad no necesaria. ¿Por qué buscar las causas de las enfermedades si la identificación de los mecanismos moleculares y biológicos permite intervenir a su nivel para atajarlas y corregirlas? ¿Por qué implicar al enfermo en su propio tratamiento si la técnica puesta a punto por los sabios basta para resolver los problemas? ¿Qué puede pedirse a los poderes públicos si no es que pongan a disposición de todos, profesionales y usuarios, los medios sanitarios necesarios para garantizar unos servicios igualitarios, lo más completos posibles, en beneficio de los enfermos? ¿Por qué preocuparse por los factores sociales de la salud si el acceso a los cuidados médicos está asegurado para todos, y todos pueden beneficiarse de las maravillas de la medicina?

La práctica de la salud que se desprende de todos estos principios se reduce a una compleja serie de relaciones enfermo-médico: cada enfermo no ve en su propia salud más que un estado que le es propio; cada médico —o grupo de médicos— vive su praxis como una actividad personal, atomizada, sin una verdadera conexión con los otros actores. La medicina está cada vez más segmentada y los médicos viven su oficio cada vez más como una producción de actos tanto más valorizables cuanto más delicada es su realización. La medicina olvida, simplemente, su finalidad —«luchar contra el sufrimiento, la angustia y la muerte»— y su esencia —la interacción entre paciente y médico, en la que la compasión es no sólo lo primero, sino también la razón de ser de la técnica—.



(Fotos Stéphanie de Boutray)

La epidemia de sida asesta un golpe a la medicina técnica

Desde hace veinte años, la construcción del modelo biomédico chirría. Los primeros en percibirlo fueron los economistas, alertados por un crecimiento de los gastos mucho más rápido que el de la riqueza nacional. Este crecimiento no es aceptable, ya que ningún capítulo de gastos puede crecer duraderamente más aprisa que el de los recursos. Esto es tanto más inaceptable cuanto que cada vez es más difícil probar que el aumento de los servicios médicos es causa de mejoría en la salud y, sobre todo, en la esperanza de vida. En efecto, la mortalidad específica debida a una enfermedad depende de dos factores: la incidencia de la enfermedad (es decir, el número de casos aparecidos en un periodo determinado), y la letalidad de las enfermedades. Ahora bien, únicamente este segundo factor depende de los progresos médicos, ya que el primero es función de factores determinantes ajenos a la acción médica, excepto en el caso concreto de las vacunaciones. Por ejemplo, el estado de salud y la esperanza de vida son muy dispares según las categorías socioprofesionales y el nivel de las jerarquías sociales, factores determinan, sin duda, un estado de salud mejor o peor.

La epidemia de sida ha asestado un nuevo golpe a la estructura biomédica. Muchos especialistas de esta epidemia, como el historiador Mirko Grmek y el biólogo Jonathan Mann,[2,3] han insistido en su carácter conceptualmente destructivo: es difícil pensar del mismo modo la salud y la medicina antes y después del sida.

Primer aspecto de este cambio: los profesionales de la sanidad, especialmente los médicos, se ven doblemente impotentes: impotentes para controlar la epidemia —sobre todo en África y en Asia— e impotentes para controlar la evolución de la enfermedad. Han retrocedido hasta los azotes de la peste y del cólera de los siglos XVIII y XIX. Después de unos éxitos arrolladores —en epidemiología y, posteriormente, en virología—, la investigación científica sobre el sida se ha estancado. ¿Para cuándo una vacuna? Para un futuro que puede ir de uno a cien años, ha dicho un especialista.

Otra dimensión del cambio conceptual hay que buscarla en los efectos desastrosos de la incultura que tiene Francia en materia de salud pública. Michel Setbon, especialista en ciencias políticas, y Aquilino Morelle, médico e inspector de Asuntos Sociales, lo demuestran claramente:[4,5] por dolorosa y desastrosa que sea la infección masiva de los hemofílicos, no es éste, sin duda, el peor escándalo. En efecto, la utilización de factores de coagulación concentrados a partir de una mezcla de plasmas procedentes de varios millares de donantes —un solo donante seropositivo puede infectar todo el concentrado— hacía de los hemofílicos un grupo de muy alto riesgo. Los otros países (excepto Bélgica, que no utilizaba productos concentrados) no han salido mucho mejor parados, lo cual no ha de ser un consuelo: la proporción de hemofílicos infectados es del 45% en Francia, del 44% en Gran Bretaña, del 60% en Alemania y del 7,5% en Bélgica. El verdadero escán-



FRANÇOIS GRÉMY es profesor de salud pública en la universidad de Montpellier I (Francia).



ANDRÉ BOUCKAERT es profesor de salud pública en la Universidad Católica de Louvaine-la-Neuve (Bélgica).

dalo es el de las infecciones por transfusión ordinaria.

Y aquí, como bien ha demostrado M. Setbon, la comparación es bochornosa para Francia.[4] No hemos sabido, ni querido, aplicar las enseñanzas desprovistas de ambigüedad de la investigación epidemiológica, es decir, practicar una detección basada en la responsabilización de los donantes y en la clínica.

La Dirección General de Sanidad (DGS) francesa publicó el 20 de junio de 1983 una excelente circular, perfectamente clara y pertinente, casi al mismo tiempo que se tomaban en Gran Bretaña y en Suecia se tomaban medidas análogas. En ella se recomendaba la selección de los donantes, pero jamás fue comprendida ni aplicada, a pesar de que, en enero de 1985, la DGS publicó un nuevo texto. Las razones para explicar esta actitud son muchas; la principal es, sin duda, que no fue reconocida la legitimidad de la epidemiología, extraña al modelo implícito y predominante en la medicina. Esta misma razón explica que el Ministerio de Sanidad no sea todavía realmente reconocido en los ambientes médicos.

La idea de implicar a los propios donantes en el proceso de selección por autoexclusión después de un interrogatorio no era muy compatible con un modelo basado tanto en la pasividad del usuario, a cuyas opiniones esto añadiría poca confianza, como en la necesidad de estar en buenas relaciones con las asociaciones de donantes, cuya colaboración «entusiasta y valiosa» es indispensable para la autosuficiencia de los centros de transfusión. Añadamos a esto la organización de la transfusión en Francia, donde los centros dedicados a este servicio son aproximadamente diez veces más numerosos que en Gran Bretaña (ciento ochenta contra quince), aunque no estén constituidos en verdaderas redes organizadas.

Resultado: cuando, de una manera sistemática, se utilizaron en los donantes los tests biológicos, se halló un seropositivo por cada mil seiscientos donantes, contra uno por cincuenta mil en Gran Bretaña, es decir, treinta veces más. Y, en Francia, contamos con 2,08 sidas postransfusionales por cien mil habitantes contra 0,12 en Gran Bretaña, 0,28 en Alemania, 0,18 en los Países Bajos, 0,76 en Bélgica y una media europea de 0,62.

La falta de cultura en materia de salud pública no es privativa de los profesionales de la salud y de los médicos; se pone de manifiesto también en la población en general y en los políticos. La creencia en el riesgo cero es el trasfondo mental de muchos discursos. Sin embargo, el riesgo cero no existe, porque aun tomando todas las precauciones, siempre habrá un riesgo incomprensible.

Aparte del problema dramático de los hemofílicos, todos los debates que han agitado a la opinión pública a raíz del «escándalo de la sangre contaminada» se han referido al análisis biológico de la seropositividad. Uno de ellos se centra en la discusión del momento en que este test se hizo obligatorio para los donantes; otro posterior, discute su carácter obligatorio en ciertas categorías de la población (mujeres embarazadas, examen prematrimonial, militares del contingente, etc.) (véase recuadro). Estas controversias reflejan otro de los aspectos del modelo predominante de la medicina: la creencia del público en una técnica biomédica todopoderosa.

No obstante, la decisión técnica del análisis biológico fue tomada en Francia dentro de los plazos correctos (el 1 de agosto de 1985), al menos en comparación con otros países europeos, que la tomaron entre mayo de 1985 y enero de 1986. No es en este momento donde se sitúan el error y el defecto, sino dos años antes, cuando se debería haber hecho un llamamiento a la selección de donantes. Por tanto, es falso hacer de la instauración del test biológico una etapa decisiva de la lucha contra el sida postransfusional. Esto sólo debería haber sido un simple progreso en una lucha preventiva iniciada, por lo menos, a partir de 1983.

En el origen todos los comportamientos profesionalmente inadecuados que dieron lugar a las contaminaciones, hay que buscar una causa estructural que, según parece, se halla en la enseñanza médica: la incultura en lo que a salud pública se refiere, la creencia irrazonable y excesiva en la capacidad de las técnicas y de la biología, el olvido del papel del examen clínico y de la relación médico-paciente son otras tantas características del paradigma biomédico. Esta ideología es inculcada por un cuerpo docente formado por la yuxtaposición de grandes expertos en patología y en técnicas médicas. Todos estos docentes son, evidentemente, un eslabón indispensable en la cadena de los cuidados médicos, pero inconscientemente abusan de su poder presentándose como arquetipos de la práctica médica.

Teniendo en cuenta la formación que recibe y se da a sí misma, la comunidad médica francesa, especialmente en los niveles más elevados, no está preparada para comprender el modo en que, globalmente, está implicada. Esta incapacidad fue, sin duda, la causa de su «silencio ensordecedor»[6] cuando se produjo la crisis a principios de los años 1990. Ninguna alta instancia reaccionó. Seguramente todas ellas respiraron aliviadas cuando entregaron a la sospecha y a la venganza unos

El análisis obligatorio: inútil y ruinoso

En 1992, el Alto Comité de Salud Pública francés después de la toma de posesión de Bruno Durieux, ministro de Salud, adoptó, con razón, una postura muy firme contra el carácter obligatorio del análisis serológico.
Los argumentos del Comité eran de tres tipos: en primer lugar, el de la doble desresponsabilización del «paciente» y del médico, que amenazaba transformar una medicina basada en la relación entre ambos en una medicina automática, descerebrada y deshumanizada que, con el acto del análisis, suprime todo valor de educación. En segundo lugar, se aducía la ineficacia sanitaria: a falta de educación, un test negativo puede provocar una falsa seguridad y favorecer que se tomen riesgos posteriores; y, finalmente, la imposibilidad material del análisis: dado que el riesgo está ligado a la actividad sexual y ésta es repetitiva, una política de análisis generalizados debería ponerse en práctica de manera regular, por ejemplo, cada tres meses. A todo esto hay que añadir que un test biológico, por bueno que sea, jamás es perfecto. Por una parte, puede ser objeto de errores humanos de interpretación, tanto menos raros cuanto menos preparado está el laboratorio. Por otra parte, cuando la enfermedad es poco frecuente en la población (como es el caso de Francia), y aunque el laboratorio sea perfecto, es posible que se declare como seropositivas a personas que no están afectadas por la enfermedad. En definitiva, decía el Alto Comité de Salud Pública, hagamos verdadera medicina, la medicina basada en la relación paciente-facultativo, con la máxima implicación de ambos protagonistas. El test sistemático, obligatorio y ciego es ineficaz a nivel de salud pública cuando se aplica a grupos de escaso riesgo. Es contrario a la ética, puesto que no es admisible declarar seropositivo a alguien que no lo es. Este hecho hace que el test sea ruinoso, ya que razones éticas obligan a repetirlo en los sujetos hallados seropositivos, con la esperanza de que un nuevo análisis los declare seronegativos.
Por otra parte, a pesar de que las primeras reacciones de la sociedad ante la epidemia de sida fueron la estigmatización moral, la exclusión, la tentación de la seguridad y un control medicopolicial basado en el análisis obligatorio, es evidente que hoy estas posiciones ya no son sostenibles. Trazar fronteras entre los grupos marginales a los que se estigmatizaba y la población «normal» es imposible, por el simple hecho de que estas fronteras no existen. La prostitución masculina y femenina es algo real porque tiene clientes.
Y, más específicamente, los hombres que se prostituyen suelen relacionarse con hombres casados, y los toxicómanos tienen relaciones sexuales con no toxicómanos.
Pero todavía hay más: toda política de control y presión puede revelarse contraproducente, aunque sólo sea porque únicamente puede basarse en el test biológico, cuyo coste y limitada eficacia ya hemos visto.

«chivos expiatorios»: la inercia de la administración y los disfuncionamientos del Estado.

¿Sabrán los médicos responder a tiempo y de manera adecuada a estas dudas sobre su papel y la necesaria redefinición de su práctica? ¿Sabrán ocupar las posiciones correctas en el debate social sobre la salud, que el sida ha provocado? ¿Sabrán abandonar la deriva que muestra la «ingeniería» de sus intervenciones y lo harán adoptando un modelo de salud mejor?

Pero es que, además, hay que repensar también la educación del gran público. El modelo biomédico hace que, ante los ojos de aquél, quede exaltada la única respuesta mecánica, es decir, el uso del preservativo. Evidentemente, si todo el mundo, siempre, en todas ocasiones, utilizase este medio, la epidemia se detendría... y la humanidad también.

Un trabajo efectuado en 1993 por una lingüista, Muriel Cros, sobre el lenguaje utilizado por los adolescentes cuando hablan del sida, obliga a relativizar la pertinencia de este enfoque exclusivo, al menos para esta categoría de sujetos.[7] Frente a las campañas de prevención, manifiestan una especie de «dado por enterado» que asocia, a la vez, el hastío por lo oído, la escasa apropiación de los conceptos objetivos sobre la enfermedad y sus modos de transmisión, y el rechazo de la imagen que de su propia vida sexual les presentan estas campañas. A pesar de que consideran «normal» tener relaciones sexuales en la adolescencia, este comportamiento nuevo no es en modo alguno indicio de un relajamiento generalizado de las costumbres.

Las manifestaciones de los adolescentes expresan la existencia de normas morales sólidas: cuando se les habla de sexualidad, piensan, ante todo, en la relación amorosa entre dos personas. La palabra «confianza» es una de las que utilizan con más frecuencia cuando hablan de su vida amorosa. En cuanto a los preservativos es un medio normal, aunque no es necesario que les martiricen los oídos. Para ellos, lo que justifica su uso es la contracepción; evita nacimientos prematuros que serían incapaces de asumir.

Inculcar a todos una visión nueva de la salud, una nueva cultura

Por lo demás, el modelo biomédico queda desarmado ante el peso, *a priori* indiscutible, de la representación social del sida ante la imaginación colectiva. Esta enfermedad, en términos estrictamente epidemiológicos, sigue teniendo en nuestros países un peso modesto: en Francia, al 30 de junio de 1994, se habían registrado dieciocho mil defunciones desde el principio de la epidemia (1981). Esto es poco al lado de los nueve a diez mil muertos anuales en accidentes de carretera (que afectan las mismas categorías de edad y de sexo), de los sesenta mil, también anuales, que provoca el uso del tabaco y de los cuarenta mil imputables al abuso de alcohol. La sociedad los acepta bastante bien. Sólo desde hace poco tiempo, a consecuencia de la agitación de ciertos «sabios» a los que sus adversarios calificaban de «ayatollahs», y gracias al valor de un ministro (Claude Evin), pudo entrar en vigor una ley dura contra la publicidad del tabaco.

Pero he aquí que hay muertes y muertes. Las que se deben a estos símbolos de la vida que son el esperma y la sangre, a esta actividad optimista por esencia que es la relación amorosa, son intolerables. La opinión pública está presa de pánico, un pánico que ciertos políticos y medios de comunicación aprovechan y mantienen. Por su parte, y no puede decirse que se equivocan, los biólogos no están descontentos, ya que ven en este estado colectivo una posibilidad de movilizar recursos abundantes para resolver enigmas importantes de la inmunología y de la virología, enigmas cuya solución sobrepasa, sin duda, el problema que los suscitó.

Enfermedad infecciosa de nuevo cuño, el sida pone sobre la mesa los comportamientos más íntimos del hombre. Muestra que el aspecto más privado de la vida humana puede tener repercusiones colectivas enormes, que se inscriben, ni más ni menos, en la suerte de toda la humanidad: la separación de lo privado y de lo colectivo, la que hay entre lo individual y lo global salta hecha pedazos. La multiplicación y el coste modesto de los transportes a escala planetaria y la desigualdad creciente del reparto de riqueza en el mundo se han revelado como factores determinantes de la epidemia de sida, a una escala insospechada hasta hace poco. La respuesta a este fenómeno universal sólo puede ser una solidaridad también universal. Únicamente una toma de consciencia efectiva de todos —enfermos, seropositivos y todos aquéllos a quienes amenaza la infección— puede contrarrestar el «mal que propaga el terror».

De una manera más general, las cuestiones que afectan a la salud de los grupos humanos solamente podemos comprenderlas integrándonos en la reflexión de nuevos conceptos y dotándonos de nuevos instrumentos, naturalmente sin renunciar a los antiguos, pero retirándoles su exclusividad. Estos instrumentos y estos conceptos son los de la visión colectiva que proporcionan la epidemiología y la demografía; los de las ciencias de la información (informática, teoría de la decisión); los de las ciencias humanas (psicología, sociología, economía, ciencias de la organización, ciencias de la educación, antropología), y los de las ciencias de los «sistemas complejos» (ecología, medio ambiente, ciencias políticas).

Para la salud, es necesario un nuevo modelo: sin dejar de ser un fenómeno individual y biológico, la salud es también un fenómeno social. Aparece porque su protección no puede limitarse tan sólo a restituirla, sino que ha de basarse en la reducción de los riesgos (la prevención), en su promoción mediante la implicación de los usuarios, y en su rehabilitación tanto como en su restitución.

Evidentemente, en la Francia actual, la salud pública es mal conocida y mal percibida. En un momento en que la ideología liberal ha invadido el campo político, el adjetivo «público» se entiende como opuesto a «privado» y como despreciativo de todo cuanto representa el interés general: los epítetos «colectivo» y «comunitario» adquieren, por su misma concomitancia, unas connotaciones negativas referidas al régimen político que se ha derrumbado al otro lado del telón de acero. Todo el mundo parece olvidar que la reflexión sobre la salud pública —no así sus realizaciones— triunfa en países tan «socialistas» como Estados Unidos de América, Reino Unido y Canadá.

Para que la acción de los profesionales, de tipo social o político, sea comprendida y aceptada por el medio al que va a aplicarse, este medio debe estar intelectualmente preparado, lo cual quiere decir que, a todos aquéllos afectados por problemas de salud, es conveniente inculcarles una visión nueva de la salud, indispensable para transformar la práctica médica individual. Del mismo modo que un clínico, en su decisión y en su acción, integra el punto de vista del anatomista, del patólogo, del fisiólogo, del bioquímico, del farmacólogo, etc., los responsables de la salud pública han de integrar las aportaciones de una serie de ciencias: la clínica y la patología, la biología, la epidemiología, la economía, la socioantropología, la psicología, etc. ■

(1) T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, 1970; trad. fr. *La révolution coopernicienne*, Fayard, 1973, reed. Le Livre de Poche, Biblio Essais, 1992.
(2) M. Grmek, *Histoire du sida*, Payot, 1990, 2ª ed. 1993.
(3) J. Mann, «Sida: une révolution de la santé», *L'autre Journal*, 5 octubre 1990.
(4) M. Setbon, *Pouvoirs contre sida. De la transfusion sanguine au dépistage: décisions et pratiques en France, en Grande-Bretagne et Suède*, Le Seuil, 1993.
(5) A. Morelle, «L'institution médicale en question. Retour sur l'affaire du sang contaminé», *Esprit*, octubre 1993.
(6) L. Greilsamer y D. Schneidermann, «Le silence des médecins», *Le Monde*, 16 febrero 1993.
(7) M. Cros, «Une contribution de la linguistique à l'éducation pour la santé. Un exemple: les jeunes et le sida», Tesis de salud pública de la universidad de Montpellier, 29 enero 1994.

Un ghetto sustituye a otro: amparo para los toxicómanos

«Si no hacemos nada, se nos responsabilizará de la muerte de los toxicómanos», ha dicho Simone Veil. ¿Está justificada la ironía de estas palabras? En realidad, esta comunidad no dispone de las bazas que tuvieron los homosexuales para organizar su defensa. El papel de chivo expiatorio que se le asignó pone de manifiesto nuevas contradicciones.

FRANCIS BAILLEAU

A



La epidemia de sida azotó primero a los homosexuales y a los toxicómanos. Pero si los homosexuales supieron organizarse y hacer presión sobre la sociedad —en Estados Unidos, gracias a grandes manifestaciones (A) y recurriendo a los medios de información— para ser reconocidos como un grupo a tener en cuenta, los toxicómanos (B), en cambio, han quedado aislados frente a la sociedad. Marginados, considerados como enfermos o delincuentes, corren el peligro de convertirse en el chivo expiatorio de una sociedad cuyos desórdenes simbolizan. (Foto A: C. Nacke/Cosmos; foto B: Alix-Phanie.)

En Francia, las autoridades políticas y administrativas tomaron consciencia tardíamente del papel de la toxicomanía por vía intravenosa en la propagación del virus VIH. En efecto, en Francia, casi el 40% de los toxicómanos están infectados por el virus del sida, contra el 10% en Gran Bretaña, por ejemplo. Esta toma de consciencia indujo un cambio en la actitud de las autoridades, marcado por la aparición de una nueva expresión que llamaba al orden: «reducción de riesgos». Sin embargo, los poderes públicos presentan la prevención del sida y la protección médica de los toxicómanos como la respuesta a un problema esencialmente sanitario. Negando así la historia social específica de las dos «epidemias» (sida y toxicomanía), las soluciones adoptadas son fundamentalmente médicas y están bajo la responsabilidad exclusiva del ministerio de Salud. ¿Permite esta política responder a los riesgos anunciados? ¿Por qué hay que confiar la gestión de estas dos epidemias únicamente a las autoridades médicas, por competentes que sean técnicamente?

Ambas «epidemias», sida y toxicomanía, tienen historias diferentes, pero presentan en común ciertos mecanismos sociales, y su comparación me parece muy esclarecedora en lo que se refiere al funcionamiento de nuestra sociedad ante un «desorden» que escapa a su dominio. Entre estos mecanismos, podemos citar tres: toxicómanos y homosexuales afectados actualmente por el sida son considerados, más o menos, como individuos al margen de la sociedad.

En la mayoría de las poblaciones, el sida continúa viéndose como un asunto propio de una minoría desviada, y la toxicomanía como el comportamiento de un grupo igualmente desviado que habría que tutelar autoritariamente o castigar con severidad. La percepción social que tanto la población como los poderes públicos tienen de estas dos «epidemias» es más bien negativa. Entre 1970 y 1990, la toxicomanía fue considerada y tratada por las administraciones sólo desde el punto de vista del mantenimiento del orden público, en base a la relación entre droga y delincuencia. Hoy esta tendencia se ha orientado hacia el aspecto sanitario. En cuanto al sida,

nunca ha sido visto predominantemente como un problema judicial, pero la marginalidad de los homosexuales ha hecho de esta enfermedad un «castigo» durante mucho tiempo. Finalmente, tanto sida como toxicomanía se han considerado como los símbolos de la crisis actual de la sociedad.

Sin embargo, dado que el sida es una epidemia, afecta al conjunto de la población, aun a pesar de ciertas particularidades. La más importante, sin duda, es que hoy



disponemos —al menos en los países industrializados— de información y de medios que permiten evitar su propagación de una manera «sencilla» y con un coste reducido, principalmente mediante el uso del preservativo y la práctica de unas reglas simples de higiene. Por tanto, el sida se presenta, sobre todo, como un problema social. ¿Cómo adaptar nuestras relaciones y nuestros comportamientos sociales a esta epidemia? También el análisis de la toxicomanía muestra que este fenómeno no es disociable de una situación y de un comportamiento social: el problema puramente médico es, en conjunto, secundario respecto a otras dificultades que aparecen cuando se trata de detener o limitar esta práctica.

Hoy, la lucha contra la toxicomanía, como la lucha contra la epidemia de sida, moviliza oficialmente a las más altas autoridades de todo el mundo. En una de las cumbres del G7, que tuvo lugar en París en 1989, los responsables de los países más industrializados hicieron de la lucha contra la droga uno de sus objetivos prioritarios.

En diciembre de 1994, se celebró en París una reunión de jefes de Estado dedicada exclusivamente a la lucha contra el sida. A pesar de la ambigüedad de las motivaciones de todos los responsables políticos, el encuentro reciente de homosexuales y toxicómanos, que tuvo como fondo la epidemia, permitió modificar el punto de vista de las autoridades sobre la toxicomanía. Centrando el punto de partida en los productos y el comportamiento ilegal de los toxicómanos, la sociedad y sus representantes descubrieron la existencia de *la* persona, y a esta persona había que protegerla. Es un primer paso, aunque insuficiente para resolver el problema, ya que se limita únicamente a la protección sanitaria de la población.

Para transmitir un conocimiento diferente de la toxicomanía y dejar de lado las representaciones espontáneas o puramente médicas que dominan los discursos actuales,[1] hay que precisar los fundamentos de estas percepciones sociales. Dos constataciones permiten circunscribir la población toxicómana: la primera, emanada de la comparación de las estadísticas judiciales y sanitarias, se refiere a la edad de los toxicómanos considerados. Puede observarse el número, muy reducido, de jóvenes (veinte años y menos) fichados por la policía y perseguidos por la justicia. Este hecho queda confirmado por la edad de las personas que entran en un proceso de deshabituación y la de los muertos por sobredosis. Otro límite viene fijado por la casi desaparición de toxicómanos de edades superiores a los 30/35 años en las estadísticas oficiales consideradas.

La toxicomanía aparece, pues, según la lectura de los textos oficiales, como un fenómeno de generación, que afecta a personas, mayoritariamente de sexo masculino, con edades de 20/22 años a 30/35 años. Esta característica demográfica es reciente y ya no corresponde a la «imagen tradicional» del drogadicto que había forjado la mente de la sociedad desde finales del siglo XIX a través de la literatura, por ejemplo.

La segunda constatación es la aparición de la figura del toxicómano en relación con la creación de unidades especializadas en el tratamiento de esta nueva categoría de «enfermos». La incapacidad de las estructuras tradicionales para tomar a su cargo a los toxicómanos hizo que las personas —procedentes de la medicina o del trabajo social— que se ocupaban de estos casos organizaran, en los años setenta, instituciones específicas.

En Francia, Claude Olievenstein, médico psiquiatra, se convirtió en una figura emblemática. Comenzó su carrera en el hospital psiquiátrico de Villejuif, en 1964, pero no fue hasta 1971, después de la apertura del centro Marmottan, en París, cuando se le reconoció como EL especialista que se ocupaba de los toxicómanos.

Aquella reciente estructura médica, de un «tipo nuevo», respondía a la toma de conciencia pública del problema social de la droga. Estas instituciones y la existencia de un nuevo texto legal (1970) que hacía de la toxicomanía un problema medicojudicial simbolizado en la «obligación terapéutica» —el magistrado puede obligar al toxicómano a someterse a cuidados, bajo amenaza de condena a una pena de prisión—[2] permitieron que surgiera progresivamente (en el sentido de su aceptación social) la definición actual de la toxicomanía.

Los toxicómanos se distinguen socialmente de los drogados porque se considera que están al límite de la enfermedad (con la dependencia y los trastornos inherentes) y de la criminalidad (consumo de un producto prohibido y condiciones de su obtención). La ausencia de una distinción socialmente precisa entre enfermedad y criminalidad explica que puedan ser objeto de un control social organizado, ya sea por parte del poder médico, ya sea por parte del poder judicial. El equilibrio actual entre estos dos poderes es inestable; ha pasado, y pasa, por variaciones que dependen de las relaciones de fuerza que se establecen entre las diferentes personas que han intervenido en situaciones históricas concretas.



FRANCIS BAILLEAU, sociólogo del CNRS (GRASS-IRESCO), dirige un programa de investigación financiado por diferentes direcciones del Ministerio de Salud francés, sobre «las políticas de reducción de los riesgos: delincuencia, toxicomanía y sida» en el marco del programa de acción «Prevención para el XI Plan». (Foto F. Bouchon.)

Dos grupos sociales con una historia y unos perfiles muy diferentes

Este análisis pone de manifiesto el hecho de que, para comprender la toxicomanía, es necesario considerar conjuntamente cuatro elementos: la persona, la droga, la situación y el contexto social. Tener en cuenta solamente el producto, su modo de adquisición o sus modalidades de consumo no permite definir qué es un toxicómano. La condición de toxicómano adquiere toda su dimensión cuando las instituciones toman a su cargo, voluntaria o involuntariamente, al individuo.[3] Las constataciones de las personas que intervienen en la toxicomanía o las declaraciones de los propios toxicómanos muestran que ciertos

consumidores de drogas llegan a una fase en la que sus objetivos se reducen únicamente al consumo de un producto ilegal, prohibido o rigurosamente autorizado, y a los medios necesarios para procurárselo. Esta situación induce una adaptación a un medio marginal y, progresivamente, a una ruptura de los vínculos sociales normales.[4]

Es entonces cuando la marginación hace que las instituciones de control social, judiciales o sanitarias, se hagan cargo del toxicómano. Una vez finalizado el periodo de atención, la pérdida de la condición de toxicómano puede explicarse de dos maneras: cese en el consumo, o bien consumo banalizado, fuera del medio de la toxicomanía, de productos prohibidos y/o rigurosamente autorizados, como los productos farmacéuticos. Podría parecer que, en este momento, interviene un conjunto de determinantes sociales —entre los cuales no es el menor el origen social del consumidor— que ya estaban presentes en el punto de partida del recorrido del toxicómano como tal, y que también lo estaban en el momento de pasar al cuidado de las instituciones.

El rechazo de los toxicómanos por parte de las instituciones clásicas de control social y, como reacción, la creación de equipamientos específicos es, por tanto, fruto de una situación *históricamente* nueva, *geográficamente* precisa (en los países desarrollados) y, en último término, *económicamente y socialmente* definida por las crisis económicas que destruyeron los esquemas clásicos de integración de las nuevas generaciones en la sociedad industrial.[5] Los verdaderos objetos de temor del mundo político y social son actualmente «los toxicómanos de las ciudades»,[6] que podrían multiplicarse exponencialmente en la periferia de nuestras aglomeraciones urbanas modernas.

Aunque toxicómanos y homosexuales tienen en común su consideración de individuos marginales, la historia del sida y su propagación es diferente en los dos grupos, puesto que los homosexuales constituían una comunidad relativamente estructurada ya antes de la aparición de la epidemia. El sida apareció —a nivel oficial y de los medios de comunicación— en el seno de este grupo especial y en un lugar «exótico», San Francisco. Esto marcó fuertemente su percepción social y provocó una clara ruptura respecto a la gestión habitual de las epidemias.

Para precisar la posición particular del sida en nuestro universo social, hay que recordar que, tradicionalmente, las epidemias se consideran un riesgo colectivo contra el cual hay que luchar aislando a los portadores de síntomas, los cuales se relegan al margen de la sociedad y muchas veces, son aislados.[7]

Este enfoque tradicional, si existe, apenas aparece en los países occidentales en lo que al sida se refiere. A diferencia de la historia anterior de las luchas contra las epidemias, la reacción oficial es interesante porque esta nueva «peste» golpea a las jerarquías explícitas e implícitas de nuestra modernidad: la juventud, la creencia en un progreso imparable, la todopoderosa medicina y los médicos, la ciencia, etc., así como los valores profundos de nuestra organización social: la sangre y el esperma, la producción y la reproducción, la vida y la muerte, las libertades individuales y las libertades colectivas.

Frente a todos estos factores, que cuestionan el orden establecido, sorprende que no haya una reacción más excluyente contra los portadores de esta nueva «peste», tanto más cuanto que los homosexuales fueron los promotores y, a la vez, los principales beneficiarios de los cambios sociales que permitieron la libertad sexual en los años sesenta y setenta, hoy difícilmente aceptada. En Francia, el único político que reclamó públicamente medidas clásicas de aislamiento fue J.-M. Le Pen, líder de un partido de extrema derecha, el Front National. El eco que halló entre la población fue muy débil; provocó, en cambio, fuertes reacciones entre los principales responsables administrativos y médicos.[8]

Los representantes de esta minoría sexual, los que habían construido su imagen en los medios de comunicación, procedían mayoritariamente de clases urbanas medias y superiores de los países desarrollados y, en los primeros tiempos, de la costa Oeste de Estados Unidos. Este lugar simbólico parecía portador de un nuevo saber, de unas nuevas técnicas y de una vida social transformada. El desarrollo de la epidemia rompió esta visión eufórica de una modernidad triunfante, y lo hizo con gran rapidez, ya que muy pronto se hicieron sentir las consecuencias sociales, económicas y políticas de las crisis que amenazaban a las sociedades «avanzadas». A pesar de esta coyuntura desfavorable, la gestión pública de la epidemia estuvo profundamente marcada por su origen, tanto social como geográfico y de imagen. Los miembros de esta minoría organizada tenían en común su juventud, su modernidad y un nivel académico y social elevado que facilitaba el trabajo de promoción y, posteriormente, de defensa de su identidad. Esto les permitía luchar de una manera diferente contra la nueva epidemia y, sobre todo, contra sus consecuencias sociales.

El peso de este grupo de presión fue muy importante, ya que sus miembros participaban en actividades situadas en sectores punta o altamente valorados en nuestra sociedad: actividades científicas, intelectuales, artísticas, culturales, medios de comunicación, etc. Por esto pudieron ejercer su peso sobre las representaciones y las imágenes que la sociedad se creaba. Este trabajo se apoyó en la constitución de colectivos y asociaciones que promovieron una «santa» alianza entre estos dos polos de la modernidad: la ciencia y los medios de comunicación.[9]



Actualmente, tiene lugar un combate importante para este grupo de influencia, principal actor de la lucha contra la segregación social: su unión con la toxicomanía y los toxicómanos. En efecto, los grupos líderes de la lucha contra la epidemia han de ser también los defensores de otra política pública respecto a los toxicómanos, a fin de evitar encontrarse una vez más marginados si el rechazo social de los toxicómanos se extendiera a

todos los grupos de riesgo. Esta unión se desarrolla en condiciones sociales difíciles: si bien la homosexualidad ya no es considerada, salvo en ciertos países, como un delito y participa, en la mayor parte de los casos, de un comportamiento privado aceptado o tolerado, en cambio, la toxicomanía es todavía hoy objeto de una gran marginación, de un rechazo social afirmado y de una condena pública. La población afectada por la toxicomanía —que no hay que confundir con la población afectada por la droga— no pertenece a las mismas categorías sociales que los homosexuales afectados por la epidemia de sida. No es portadora de un mensaje de liberación. Los grupos que componen este colectivo especial, estigmatizado por su comportamiento ilícito, están extremadamente atomizados. Por motivos esencialmente culturales, no pueden demostrar la misma solidaridad colectiva, y en la mayoría de los países no pueden constituirse oficialmente en un grupo de presión reconocido por los poderes públicos y los medios de comunicación, como han logrado, por ejemplo, en los Países Bajos. Como sus condiciones sociales no les permiten asumir públicamente este comportamiento, los toxicómanos dependen de los profesionales que los toman a su cargo y de las asociaciones que aceptan defenderles y ayudarles.

En Francia, las autoridades han tomado consciencia tardíamente de la gravedad que reviste asociar toxicomanía y sida. El 40 % de los toxicómanos están infectados, contra menos del 10 % en Gran Bretaña. La actitud de los poderes públicos oscila siempre entre la represión de la toxicomanía y la tentación de considerar a los toxicómanos solamente como enfermos, olvidando así todos los problemas psicológicos y sociales ligados a este comportamiento. De igual modo, los programas de cambio de jeringuillas —en A, un camión de Médicos del Mundo circula por los barrios de París para encontrar a los toxicómanos y proporcionar material estéril a los que lo deseen— o los programas de metadona, anunciados con gran despliegue publicitario, no siempre han tenido efectos prácticos. (Fotos P. Garo-Phanie.)



En Francia, las contradicciones que existen para promover una política y una práctica de cambio de jeringuillas usadas son una prueba de las dificultades de este combate. Al más alto nivel del Estado, no existe una política clara que sea compartida y asumida públicamente. El ministerio del Interior y sus agentes continúan considerando que la aportación de una jeringuilla es un elemento que permite hacer el seguimiento de una persona, mientras que, a la vez, el ministerio de Sanidad y los miembros de las asociaciones especializadas organizan programas de intercambio.[10]

Dentro de los diversos grupos de profesionales afectados existen las mismas dificultades, que ilustran en la Francia de hoy la historia de la implantación de los programas destinados a sustituir el uso de las drogas duras por metadona y, ayer, los de intercambio de jeringuillas. Los médicos más reticentes a desarrollar estos programas de protección de los toxicómanos son, precisamente, los que primero se hicieron cargo de ellos, en una situación social y política difícil. Hoy, todavía es frecuente que se opongan a este tipo de programas, y lo hacen no sólo en nombre de sus objetivos de «curación» por suspensión del consumo, sino también por el temor de ver que los actos y las estrategias de lucha contra la toxicomanía pueden reducirse únicamente a la lucha contra el sida. Esto les hace chocar contra los imperativos de una política de salud pública espoleada por el temor a las consecuencias sociales, políticas y económicas de la epidemia de sida, un temor que hace que la atención al toxicómano sea solamente la atención que se dispensa a un enfermo potencial o a un portador de virus.

El bien público y la reducción del contagio no son los únicos móviles de la lucha contra la epidemia. Detrás de estos imperativos se perfila un programa de gestión de la sociedad. Es evidente, por ejemplo, que el número de muertos por sobredosis no justifica en absoluto la inscripción de la toxicomanía en el primer lugar de las calamidades sociales modernas.

En este fin de siglo resurge el debate sobre la diferencia y la igualdad

La conducción de automóviles y el alcoholismo son la causa directa de una mortalidad más importante. Lo que ocurre en realidad es que estas muertes por sobredosis son, colectiva y políticamente, insoportables por la imagen que dan de nuestra sociedad. La actitud ambigua de los responsables políticos y administrativos está marcada por una oscilación permanente entre mensajes que tienen como origen el polo judicial o el polo sanitario. Traduce, pues, una parte de los retos que aparecen también en las luchas entre los diversos cuerpos profesionales afectados por estas estrategias: los médicos generalistas, los médicos especialistas, los farmacéuticos, los policías, los magistrados... Hoy, los efectos de anuncio, que dominan en la estrategia política, están en contradicción con las realizaciones cotidianas y atestiguan la dificultad de que resulte eficaz la posibilidad de cambiar las jeringas usadas sin que esto represente un riesgo «policial» para el toxicómano.

Cuando se pregona que la estrategia pública tiene como ejes la prevención, la represión o la erradicación del sida y de la toxicomanía, lo que se está evocando son los mismos temores, los mismos riesgos de siempre: exclusión, marginación, miedo, angustia, inseguridad, y se expresan los mismos objetivos: seguridad, protección, represión. Esta confusión tiene como resultado la asociación sistemática de tres pares de vocablos que ocupan un lugar importante en nuestra imaginería social y en el entorno que crean los medios de comunicación: delincuencia/inseguridad, toxicomanía/decadencia, sida/muerte, lo cual hace que estos comportamientos sean considerados espontáneamente por la mayoría de ciudadanos como un desorden social. Es una idea que arranca del concepto comúnmente admitido de «orden social», para designar la aceptación de un conjunto de reglas impuestas a todos por la mayoría de los habitantes de un Estado.

Para un sociólogo, estos fenómenos, a través de la oposición binaria orden/desorden que organiza su percepción común, evocan la cuestión de la cohesión social y la comprensión del cambio social. Para ser comprendidos, hay que sustituir estos comportamientos en la historia reciente del desarrollo de nuestras sociedades occidentales, marcadas por la marginación de una parte importante de la población y, más particularmente, de los jóvenes, que son tanto los principales actores como las principales víctimas de estos desórdenes.[11]

(1) M. Zafiropoulos y P. Pinell, *Actes de la recherche en sciences sociales*, *42*, 61, 1982.
(2) R. Castel, *in Normes juridiques et régulation sociale*, Librairie générale de Droit et de Jurisprudence, 1991.
(3) E. Goffman, *Stigmate. Les usages sociaux des handicaps*, Editions de Minuit, 1975.
(4) R. Castel (bajo la dir. de), *Les sorties de la toxicomanie. Types, trajectoires, tonalités*, ronéo IRESCO-GRASS, abril 1992.
(5) F. Bailleau, *Annales de Vaucresson*, *32-33*, 33, 1992.
(6) P. Bouhnik, *Esprit*, *54*, oct. 1990.
(7) J. Delumeau, *La peur en Occident*, Fayard, París, 1978.
(8) C. Got, *Rapport sur le sida*, Flammarion, 1989.
(9) M. Pollak, *Les homosexuelles et le sida. Sociologie d'une épidémie*, Editions A.M. Métailié, 1988.
(10) B. Kouchner, *Les Temps Modernes*, *567*, 5, 1993.
(11) *Libération*, 27 junio 1994.
(12) F. Bailleau, *Revue internationale d'action communautaire*, *30*, 70, 1994.

El sida, al igual que la toxicomanía, simbolizan en nuestra imaginería social las crisis individuales y colectivas que atraviesan nuestras sociedades desarrolladas. En la mentalidad común, sida y toxicomanía están muy próximos: ambos son portadores de una causa externa (un producto y un virus); ambos proceden del extranjero y son manifestación de un comportamiento individual (adicción y prácticas sexuales «desviadas»). A ello se añade un tercer factor: la delincuencia que, a través de sus vinculaciones con la toxicomanía, permite establecer una relación con el sentimiento de inseguridad, elemento constante en nuestra sociedad desde hace veinte años. El encadenamiento social entre estos tres elementos modifica las reglas de la normalidad, las líneas de demarcación entre lo normal y lo patológico, lo permitido y lo prohibido, lo aceptado y lo inaceptable, lo autorizado y lo sancionable...

Sida y toxicomanía plantean, cada uno a su manera, un problema filosófico-político que el Estado, desde el final de la segunda guerra mundial, creía haber resuelto: el de la diferencia y la igualdad. Con la integración progresiva de la mayoría de la población al modelo del hombre asalariado con buena salud, protegido por el estado-providencia, la sociedad parecía haber logrado orillar un debate que está resurgiendo en este fin de siglo.

Es necesario desarrollar y reforzar los medios sanitarios y científicos para luchar contra estas dos epidemias. Pero no lo es menos que, debido al impacto social de tales «epidemias», se está jugando una partida que llama a la reformulación y a la confirmación política de otras reglas sociales que permitan garantizar un mínimo de cohesión social, luchar contra la desagregación y transformar nuestra organización social. Otro discurso político para afrontar —con la ayuda de estos dos chivos expiatorios—, sin sufrirlas, las mutaciones que están produciéndose en nuestras sociedades desarrolladas. ■



«Todavía estamos demasiado impregnados de la mentalidad pasteuriana»

«Ahora, cuando nos están martilleando los oídos con «el retorno a la ética», pedimos a la ciencia y a la técnica que tomen a su cargo todo lo que debería surgir de las preocupaciones culturales», observa Dominique Fo̗lscheid, profesor de filosofía y director del CEREB (Centro de Estudios y Reflexión Ética y Bioética), de la universidad nueva de Marne-la-Vallée.



CONVERSACIÓN CON DOMINIQUE FOLSCHEID

Mundo Científico: *«Para luchar contra el sida, utilizad el preservativo». Es el mensaje que se repite incansablemente en las campañas de prevención que utilizan el canal de la publicidad. La solución parece sencilla. ¿Cómo explica usted que su uso no adquiera más difusión?*

Dominique Folscheid: El sida es una enfermedad que corresponde a la medicina, pero no es una enfermedad ordinaria. En efecto, su carga simbólica es enorme, ya que la muerte emplea las mismas vías por donde pasa la vida. El impacto de la enfermedad ha tenido lugar en el núcleo mismo de la realidad humana, en todas sus dimensiones existenciales.

Es, por este motivo, doblemente trágica: trágica porque es mortal, y trágica porque afecta la dimensión relacional, conecta amor y muerte, presente y futuro.

Ahora bien, actualmente, el discurso oficial es utilitarista y tecnocrático; es un discurso sobre la salud y la supervivencia biológica. No tiene en cuenta, por ejemplo, el vínculo entre amor y muerte, que es muy fuerte en la tradición occidental desde la Grecia clásica. Piénsese en nuestros mitos: Tristán e Isolda, Werther... Los amantes no pueden reunirse mas que en la muerte. En el siglo XIX, con el flagelo de la tuberculosis, la enfermedad confortara este romanticismo amoroso y refuerza la relación entre amor y muerte (un tema que vuelve a encontrarse, por ejemplo, en la novela de Thomas Mann *La Montaña mágica*).

Ocultos desde hace décadas, todos estos elementos reaparecen repentinamente con el sida. Como la tuberculosis, pero a su manera, atiza las brasas del amor, sobre el fondo de la muerte. El discurso oficial sobre la prevención está, pues, completamente desfasado respecto a esta realidad existencial en cuyas profundidades yace una serie de resortes, pertenecientes, en gran parte, al inconsciente.

M.C.: *Esta relación inconsciente entre amor y muerte en los comportamientos sexuales ¿es la única que está en juego en el momento actual?*

D.F.: Cada época tiene sus dominantes. El tema del juego es, probablemente, dominante hoy, debido a la revolución en sus modalidades existenciales (sexualidad «libre» y contracepción, sobre todo). Pero debe creerse que desde el momento en que hay ludismo, hay inocencia, gratuidad e indiferencia. El juego nos impulsa a pujar por el ser y el no ser, la vida y la muerte, porque es esto lo que provoca el goce. En los amores lúdicos, más o menos entremezclados con cierto espíritu de conquista en el sentido donjuanista de la expresión, hay, ciertamente,



D. Folscheid: «La publicidad dice que protegerse es fácil y barato. Esto es falso, porque el empleo del preservativo implica una preocupación por la salud del otro, lo cual sólo se consigue por las vías de la educación». (Fotos Brigitte Simon y Dianne/Jerrican.)

una dimensión de este tipo. A ella habría que añadir también la dimensión de predación que existe en este tipo de seducción. Un discurso utilitario, un discurso de rendimiento, un discurso de preservación y de protección es totalmente inoperante sobre esta manera de ser. Jugar es arriesgarse, y cuando se hace una propuesta de atajar los riesgos, desaparece el placer.

M.C.: *¿Es diferente la situación cuando se inicia una relación amorosa, por ejemplo?*

D.F.: Ciertamente, pero en la relación amorosa el concepto de preservación entra a contrapelo. El discurso de salud pública supone ya reglamentada la cuestión relacional, que es una relación de confianza. Ahora bien, a pesar de lo que la publicidad tiende a hacernos creer, es evidente que, cuando se hace el amor, no es posible ponerse un preservativo de la misma manera que se saca un encendedor cuando se toma un cigarrillo. Se intenta crear un reflejo protector cuando, en realidad, si el preservativo puede ser útil, es en el contexto de una relación humana de confianza, de altruismo, de amor al otro, lo cual implica la preocupación por la preservación de la salud de este otro. Se está a cien leguas de una preocupación puramente utilitarista. Contentarse con un discurso sobre un solo segmento de la técnica, el de la protección, significa el peligro de perjudicar la utilización de esta técnica y de crear una contradicción insoportable, puesto que la necesidad de protección obliga a desconfiar del otro. Con esto, la relación de confianza con la pareja queda maltrecha con preguntas como: «¿Eres seropositivo/a o no? ¿Me lo ha ocultado o no? ¿Se ha hecho las pruebas o no?».

M.C.: *Dicho de otro modo: el uso del preservativo como «protección» contra el sida ¿es una respuesta insuficiente a los problemas que plantea la enfermedad?*

D.F.: Es un uso necesario, pero efectivamente insuficiente y, además, no es neutro. Contradice el dogma según el cual la técnica es de naturaleza puramente instrumental y neutra. Habría, por un lado, el mundo de los fines en el cual el hombre tendría la libertad de decidir proyectos que son objeto de debates y de elecciones morales, y, por otro lado, el mundo de los medios, sin ninguna relación con la moralidad pública o privada. Este concepto es válido cuando se trata de un instrumento. Pero, contrariamente a las apariencias, éste no es el caso del preservativo, ya que se trata, en realidad, de una técnica que no puede separarse del uso al que se destina. Es lo que yo llamo una técnica «adherente». El motivo es extremadamente sencillo: al principio, el preservativo era un medio de contracepción, mientras que ahora es un medio de prevención del sida. Pero ¿qué puede hacerse, con la excepción de los homosexuales, evidentemente, para que el preservativo, medio de prevención, no sea al mismo tiempo un medio de contracepción? La situación sería completamente distinta si un día se inventara un tipo de preservativo destinado únicamente a filtrar el virus. Entonces, el preservativo volvería a ser un instrumento de la técnica que yo llamo «libre». Naturalmente, el discurso oficial se guarda

mucho de apuntar estas cuestiones, bajo pretexto de que los poderes públicos no deben pronunciarse sobre asuntos de moralidad individual. Pero al hacer esto, reducen, también aquí, los problemas éticos y morales a problemas puramente técnicos. Tecnificar un problema moral es neutralizar la moralidad.

M.C.: *Sin embargo, promover el uso del preservativo parece ser incuestionable...*

D.F.: Naturalmente. El discurso de salud pública es absolutamente honesto y necesario. No se trata de cuestionar la utilización del preservativo cuando es el único medio de prevención posible. Lo que yo quiero decir es que, si este discurso pretende ser el único que puede y debe darse, vamos a parar a un concepto utilitarista y gestionario del material humano. Desde este punto de vista, no es más que un avatar caricaturesco, reflejo de la manera en que nuestra civilización occidental se ha investido con la técnica y la ciencia. Ahora, cuando nos están martilleando los oídos con el «retorno a la ética» o la «generación moral», pedimos a la ciencia y a la técnica que tomen a su cargo todo lo que debería surgir de preocupaciones culturales, éticas, religiosas, filosóficas y otras. Estamos todavía demasiado impregnados de la mentalidad pasteuriana según la cual el enemigo será vencido por un nuevo Pasteur que se sacará de la manga el remedio. Puede que esto ocurra; es probable e infinitamente deseable. Pero esta idea nos impide reflexionar y actuar desde el punto de vista ético. En cambio, nuestra responsabilidad consiste en asumir la condición humana, y esto no es una tarea fácil. El discurso oficial, sin embargo, nos dice exactamente lo contrario, nos dice que protegerse no es ni difícil ni costoso. Y para colmo de ironía, se recurre a la publicidad. ¿Cómo es posible imaginar que una llamada a la responsabilidad individual para evitar la infección pueda adoptar las mismas formas que tan bien encajan con la propaganda de marcas de perfumes, alcoholes, pantalones vaqueros, etc.? Lo que sí sería necesario es hacer una llamada a la preocupación de los demás, a la responsabilidad moral de cada cual. Este tipo de llamada no puede pasar más que por las vías de la educación en su sentido más amplio, unas vías que son infinitamente más largas, complicadas y dolorosas que las de la publicidad. Ahora bien, una educación no se reduce a información, y la información, a su vez, no se resuelve con la propaganda. En mi opinión, el reto es, fundamentalmente, éste: ¿se desea una humanidad condicionada o una humanidad responsable? La elección es de carácter moral y político. El fracaso relativo de las campañas actuales en favor del preservativo es en gran medida el fracaso de una tentativa de condicionamiento.

M.C.: *¿Es que la moral no recela de las amenazas?*

D.F.: Efectivamente, y éste es el motivo por el cual somos tan desconfiados frente a una educación «moral» que se parecería mucho a un «orden moral». Considero incluso que una educación así es esencialmente antimoral, porque se basa en una formación que pone freno a la libertad de los seres, es decir, a la condición misma de su moralidad. De este modo podría llegarse a una sociedad en la que nadie robaría a nadie, donde todo el mundo obedecería órdenes, donde la gente no atravesaría las calles más que por los pasos de peatones, etc. Si éste es el resultado de un condicionamiento, no es más moral que un condicionamiento a la inmoralidad o a la amoralidad. La moral es otra cosa: es el arte de comportarse conforme a las exigencias de un ser libre, poseedor de inteligencia y de lenguaje. Como la vida moral es terriblemente exigente, tiende a transformarse en moral de pertenencia, con reglas cómodas del tipo «esto se hace, esto no se hace». Sentimos nostalgia de esta moral socializada que nos hace adornar el pasado de una manera errónea, y constantemente estamos tentados, después de las fases de liberación ilusoria, a volver a este tipo de moral-condicionamiento. Las primicias pueden verse ya en Estados Unidos, en la agitación de sus *lobbies* más reaccionarios que, con los telepredicadores en cabeza, quieren «aderezar» los actuales comportamientos depravados. Si, en cambio, todo hombre ha de ser un ciudadano democrático, libre y responsable de sí mismo, también habrá de ser un sujeto moral y asumir totalmente el peso de esta condición. Todo esto, sin embargo, siempre que la ética no se ponga al servicio del tecnicismo —tentación actual de la bioética, que se contenta con demasiada frecuencia con aportar un perfume ético a una empresa biotecnicista cuyas intenciones y actos rehúsa cuestionar—.

Declaraciones recogidas por Françoise Breton



Causar impacto en la opinión pública, movilizarla mediante acciones espectaculares y provocativas: la asociación Act Up emprende la cobertura del obelisco de la plaza de la Concordia de París. (Jornada del sida 1993). (Foto Gamma.)



Encuesta: los adolescentes practican la «monogamia seriada»

En Francia, la ANRS (Agence Nationale de Recherches sur le Sida) hizo en 1990 una serie de encuestas sobre el comportamiento sexual de la población. Brigitte Lhomond, socióloga del CNRS, GS Santé (Lyon), participó en la realización del tercer bloque de estas encuestas, destinadas a conseguir información sobre la sexualidad de los jóvenes de 15 a 18 años, los tipos de prácticas y los riesgos frente a la infección de sida. Los resultados, obtenidos después de encuestar a seis mil quinientas personas, se publicarán a lo largo de este año.

CONVERSACIÓN CON BRIGITTE LHOMOND

Mundo Científico: *Usted acaba de hacer una encuesta sobre los comportamientos sexuales de los adolescentes. ¿Cuál era el objetivo de esta encuesta?*

Brigitte Lhomond: La encuesta la coordinamos Hugues Lagrange y yo misma en el marco de un programa de la ANRS dirigido por Alfred Spira, epidemiólogo del INSERM. Es una continuación de las encuestas sobre los adultos que viven en la Francia metropolitana,[1] en las Antillas y en Guayana.[2] Con este tercer bloque, queríamos, en primer lugar, conocer los modos de entrada en la sexualidad y la genitalidad (cuando tiene lugar), las redes amistosas y amorosas, así como la diversidad de los modos de actividad sexual y de vida de los jóvenes de 15 a 18 años. Para ello, hay que considerar el conjunto de estas relaciones y las experiencias a que puedan dar lugar. Esto plantea problemas de tipo práctico en lo referente a la sexualidad, ya que es difícil hacer que los jóvenes describan sus actos sexuales. Ha habido que recurrir a ciertos ardides para evitar estos problemas: hacer listas de actos descritos muy sencillamente, comunicarse por números... Una segunda parte se refiere a lo que, en las grandes encuestas de la Organización Mundial de la Salud, se llama «conocimientos y actitudes». Se evalúa lo que los jóvenes saben sobre la sexualidad, sobre los diferentes modos de transmisión del VIH y sus opiniones en cuanto a las actitudes de las instituciones públicas, el análisis de detección, etc. De este mismo modo abordamos el uso de drogas, inyectables o no, las enfermedades de transmisión sexual, el embarazo, las relaciones con la familia, con la escuela, etc. Finalmente, ciertas preguntas permiten formarnos una idea de los determinantes psicosociales: la proporción de riesgo global y del sida en particular, las actitudes frente a la vida en general, el concepto que los jóvenes tienen de sí mismos en comparación con los demás, etc. Estamos analizando los datos de esta encuesta, cuyos resultados definitivos estarán disponibles dentro de este año. Tenemos, sin embargo, algunos elementos que guardan relación con las preencuestas que habíamos efectuado.

M.C.: *¿Se sienten los jóvenes afectados por el sida?*

B.L.: Sí, pero como únicos afectados. Muchas veces se sienten estigmatizados por el hecho de que se les designe como «población de riesgo». Este concepto de «grupo de riesgo» procede de la idea de que los jóvenes tienen una actividad sexual importante, lo que es, a la vez, verdadero y falso. Si se toma como criterio el riesgo de transmisión del VIH, el que nosotros llamamos de «multipareja», hemos de tener en cuenta que la mayoría de los jóvenes con prácticas sexuales han sido multipareja durante los últimos años de su vida (que corresponden a la totalidad de su vida sexual), y únicamente unos pocos han tenido una sola pareja. Esto significa que no se estabilizan forzosamente con la que fue su primera pareja. Quizá parezca bastante banal, pero la realidad de la multipareja es un hecho cifrado y no corresponde necesariamente a la experiencia de los individuos. Para muchos de ellos, ser multipareja significa tener varias parejas en paralelo. Evidentemente, es el caso de un buen número de jóvenes, pero la mayoría son fieles durante el tiempo, generalmente bastante corto, que dura su relación con una persona. También serán fieles a la persona siguiente. Es lo que se llama la monogamia seriada. Pero, dejando aparte el malentendido sobre la multipareja, sí se sienten afectados. Adquieren información en las campañas de prevención, la prensa, la televisión, los compañeros, los profesores, las asociaciones. La información no siempre es la adecuada, pero hablan de ella.

M.C.: *¿Hay una relación causa-efecto entre la información de que disponen los jóvenes y los comportamientos que adoptan?*

B.L.: Jamás hay una relación directa entre el conocimiento de un riesgo o de una enfermedad y sus consecuencias, lo que hay que hacer para evitarlas y los comportamientos reales. Esto es cierto para todas las prevenciones. Pero es importante no olvidar que la sexualidad es asunto, al menos, de dos. No solamente hay, como en el tabaco, el alcohol, la conducción de automóviles o el cáncer, la relación con uno mismo, su modo de vida, etc., sino también una relación con el otro, con el uso de un objeto —el preservativo— o con el hecho de no practicar ciertos actos, como por ejemplo la penetración. Establecer una verdadera discusión puede ser difícil, sobre todo si se trata de una relación inicial que puede ir acompañada de muchas cosas, tanto placenteras como desagradables, asiógenas, y que, especialmente en las chicas, puede tener lugar bajo un buen grado de tensión. Una parte del cuestionario se refiere precisamente a esta sexualidad bajo tensión.

M.C.: *¿Cuáles son las «estrategias» adoptadas por los jóvenes frente al riesgo de la infección de sida?*

B.L.: Todavía no tenemos resultados definitivos. Sin embargo, lo que puede decirse después de las preencuestas realizadas sobre varios centenares de jóvenes, es que las respuestas al riesgo están diversificadas. La

(1) A. Spira, N. Bajos y el grupo ACSF, *Les comportements sexuels en France*, La Documentation française, 1993.
(2) Esta encuesta fue coordinada por Michel Giraud y Augustin Gilloire, de próxima aparición.

situación no es sencilla: a pesar de que hay utilización del preservativo —y muchas encuestas han demostrado que era frecuente en la primera relación sexual—, esta práctica, lo mismo que en los adultos, no es necesariamente duradera: no hay un «sí» o un «no», sino un «no siempre». En los heterosexuales, el uso del preservativo depende del de la contracepción femenina, especialmente de la «píldora». La contracepción femenina no siempre empieza al principio de la vida sexual. Es con el conocimiento del otro, un conocimiento que no suele ser muy profundo en la primera relación, cuando empieza a disminuir el uso del preservativo en favor de la contracepción oral. Por este motivo, nos ha interesado en esta encuesta estudiar el uso del preservativo en un contexto relacional, en un tipo especial de relación con una persona concreta.

M.C.: *¿Se enfrentan los jóvenes al riesgo de algún otro modo que no sea con el uso del preservativo?*

B.L.: Sí. Algunas veces han recurrido al análisis de detección, con la idea, como en cualquier otro comportamiento humano, de que en tal medio hay riesgo y en tal otro no lo hay. Esto puede resultar catastrófico, pero no es insensato estadísticamente, aunque a nivel individual sea como jugar al póker. Los jóvenes tratan de situarse de acuerdo con las prescripciones preventivas oficiales (por ejemplo, el uso del preservativo) siguiéndolas, rechazándolas o siguiéndolas sólo algunas veces. El grupo de sus iguales y el conjunto de personas que frecuentan influyen mucho sobre sus decisiones. Éste es el motivo que nos ha impulsado a intentar determinar con quiénes hablan de sexualidad, de preservativos, de amor. Nos parece también importante, por ejemplo, ver qué ocurre cuando hay desacuerdo en la pareja. ¿Se resuelve el problema de acuerdo con los consejos preventivos o no? Con este fin, hemos incluido preguntas como: «¿Te ha ocurrido querer utilizar el preservativo con una persona que no lo quería?» Las respuestas que se han propuesto son: «Lo utilizo a pesar de todo. Tengo una relación sexual sin preservativo. No tengo relación sexual. No practico la penetración».

M.C.: *Según usted ¿cuál es el impacto de las campañas de prevención en el comportamiento de los jóvenes?*

B.L.: Hay dos tipos de campañas de prevención: por una parte, las campañas elaboradas por publicitarios, las cuales, en mi opinión, hoy tienen como objetivo principal mantener el grado de vigilancia y hacer de manera que el sida sea algo de lo que siempre se hable. Tienen también efecto, pienso yo, sobre los comportamientos, aunque no existe una técnica segura para evaluar cómo se ha recibido un mensaje y si haberlo memorizado significa un cambio de comportamiento a corto o a medio plazo. El solo hecho de que el preservativo se haya convertido en un objeto rutinario ya puede considerarse como positivo, y no porque su uso en el acto sexual sea banal, sino porque todo el mundo ha visto uno, lo ha tocado y sabe, en principio, cómo servirse de él, aunque esto no suponga una práctica sexual. Pero utilizar únicamente el soporte publicitario sería insensato: la prevención contra el sida no hay que venderla como una lejía. El segundo tipo de campaña de prevención es un trabajo de fondo llevado a cabo muchas veces con escasos medios desde hace diez años por las asociaciones de lucha contra el sida (centros de ayuda, servicios regionales de información y prevención, de planificación familiar, etc.), sostenidas frecuentemente por estructuras parapúblicas y hasta, en algunos casos, por profesores, educadores y responsables pedagógicos o de salud escolar. No debemos olvidar que la prevención tiene varios aspectos y todavía hay lugares donde se da un verdadero vacío de información.



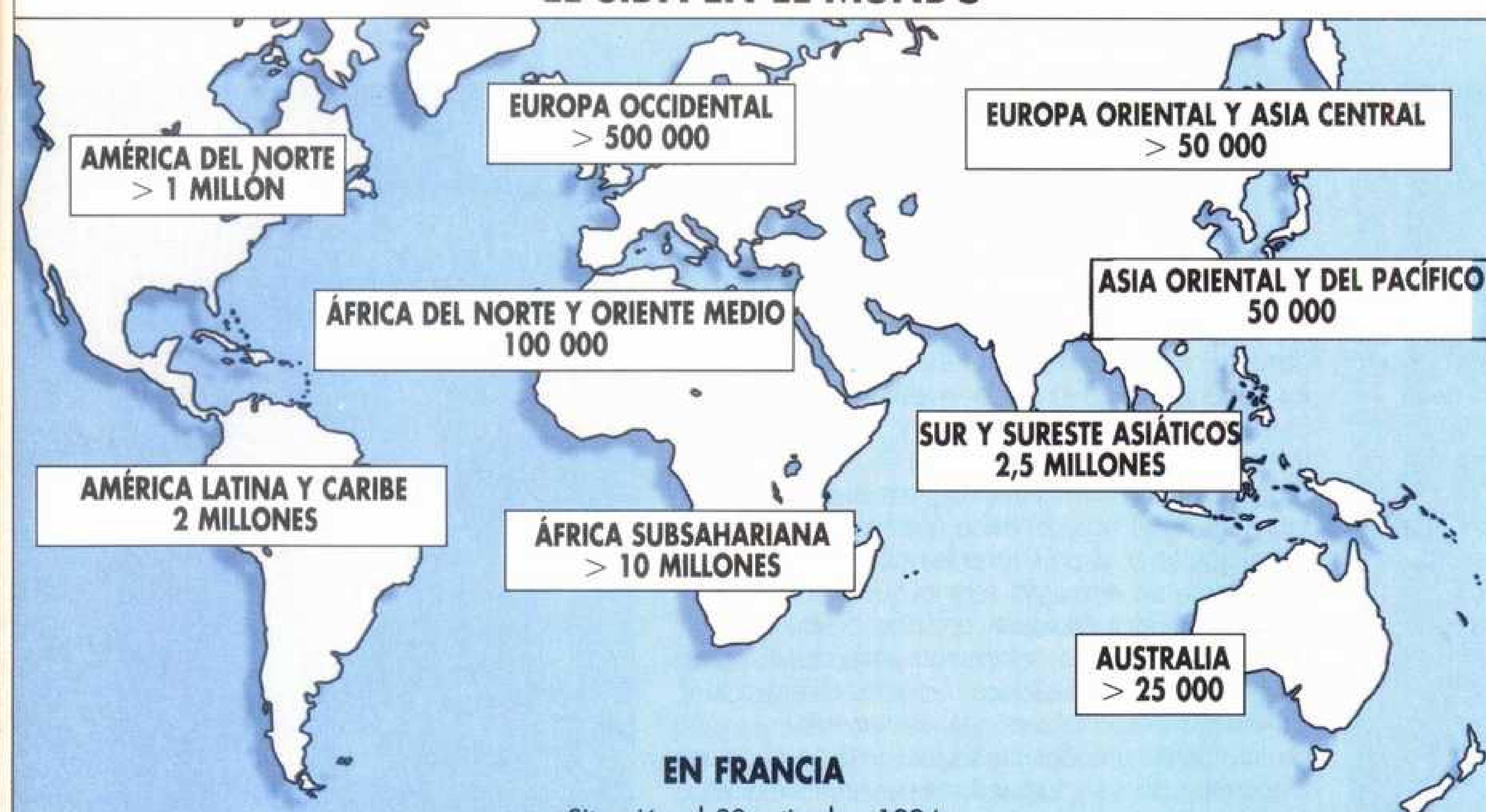


M.C.: *¿Cuál es el impacto de esta segunda modalidad de información?*

B.L.: La posibilidad de plantear preguntas, de comprender. La experiencia de la línea telefónica del Sida, un servicio de información,[3] demuestra la gran utilidad que tiene responder durante las veinticuatro horas del día a personas seropositivas o enfermas y a las preguntas más espinosas. No tiene que existir ningún *a priori* frente a los diferentes tipos de prevención posibles. No hay que hacer lo mismo ante el público de un bar de homosexuales que en una clase de instituto, aunque también en una clase de instituto hay que hablar de homosexualidad. Lo que me molesta son los discursos que consideran la prevención exclusivamente como una manera de control social, como una imposición de normas.

Palabras recogidas por Françoise Breton

EL SIDA EN EL MUNDO



EN FRANCIA

Situación al 30 setiembre 1994
(fuente BEH, 45, 14 noviembre 1994 - Red nacional de salud pública)
32 722 casos de sida (32 178 adultos y 544 niños) han sido declarados desde el principio de la epidemia. 58,3% han fallecido. Como no se han declarado del 10% al 20% de los casos, el número real de casos estaría comprendido entre 38 000 y 45 000.
El grupo de los homosexuales y de los bisexuales representa el 39% de los casos de sida; el de los toxicómanos, el 26% y el de los heterosexuales, el 18%. Pero el aumento del número de nuevos casos afecta sobre todo a este último grupo (+23% en 12 meses).

GRUPO DE TRANSMISIÓN	AÑO DE DIAGNÓSTICO (número y %)		CASOS DECLARADOS DESDE 1978 (número y %)		
	1993	**1994** (3 trim.)	**mujeres**	**hombres**	**total**
1. **homosexuales y bisexuales**	2 010 (40)	1 030 (39,1)	0	15 503	15 503 (47,4)
2. **toxicómanos**	1 374 (27,2)	681 (25,9)	2 016	5 653	7 669 (23,4)
3. **(1) + (2)**	39 (0,8)	20 (0,8)	0	468	468 (1,4)
4. **hemofílicos y con dificultades de coagulación**	53 (1,1)	35 (1,3)	12	425	437 (1,3)
5. **heterosexuales parejas de sujetos infectados o de riesgo**	782 (15,6)	468 (17,8)	2 007	2 225	4 232 (12,9)
6. **transfundidos**	148 (2,9)	53 (2)	689	797	1 486 (4,5)
7. **transmisión maternofetal**	34 (0,7)	12 (0,5)	186	233	419 (1,3)
8. **otros, desconocidos**	585 (11,6)	334 (12,7)	543	1 965	2 508 (7,7)
TOTAL	**5 025**	**2 633**	**5 453**	**27 269**	**32 722**

EN EL MUNDO

PRINCIPALES PAÍSES AFECTADOS	NÚMERO DE CASOS DE SIDA **declarados** (número y % del total mundial)	**estimados** (en % del total mundial)
EUROPA (al 31.03.94)		
Francia	30 003	
España	24 202	
Italia	21 770	
Alemania	11 179	
Reino Unido	9 025	
TOTAL	**116 077 (11,5%)**	(>**4%**)
AMÉRICA		
EE UU (al 31.12.93)	411 907	
Brasil (al 28.02.94)	49 312	
México (al 31.03.94)	18 353	
Canadá (al 31.03.94)	9 511	
Haití (al 31.12.92)	4 967	
TOTAL	**523 777 (11,5%)**	**(-EEUU: 12%)**
OCEANÍA		
Australia (al 31.12.93)	4 727	
N. Zelanda (al 31.12.93)	431	
TOTAL	**5 330 (0,5%)**	(**<1%**)

PRINCIPALES PAÍSES AFECTADOS	NÚMERO DE CASOS DE SIDA **declarados** (número y % del total mundial)	**estimados** (en % del total mundial)
ÁFRICA		
Uganda (al 31.12.93)	43 875	
Tanzania (al 07.01.93)	38 719	
Malawi (al 10.02.94)	31 857	
Zambia (al 20.10.93)	29 734	
Zimbabue (al 31.12.93)	27 905	
TOTAL	**331 376 (33,5%)**	(>**67%**)
ASIA		
Thailandia (al 14.06.94)	5 654	
Japón (al 30.04.94)	713	
India (al 14.06.94)	713	
Israel (al 31.03.94)	279	
Myanma (al 14.06.94)	261	
TOTAL	**8 968 (1%)**	**(6%)**
MUNDO (al 31.12.94)	**1 025 073***	>**4 000 000**

(fuente: OMS)

*Teniendo en cuenta el subdiagnóstico y las lagunas y retrasos en la declaración de los casos, la OMS estima que son aproximadamente unos 4,5 millones los casos de sida que se han producido en adultos y niños desde el comienzo de la pandemia.

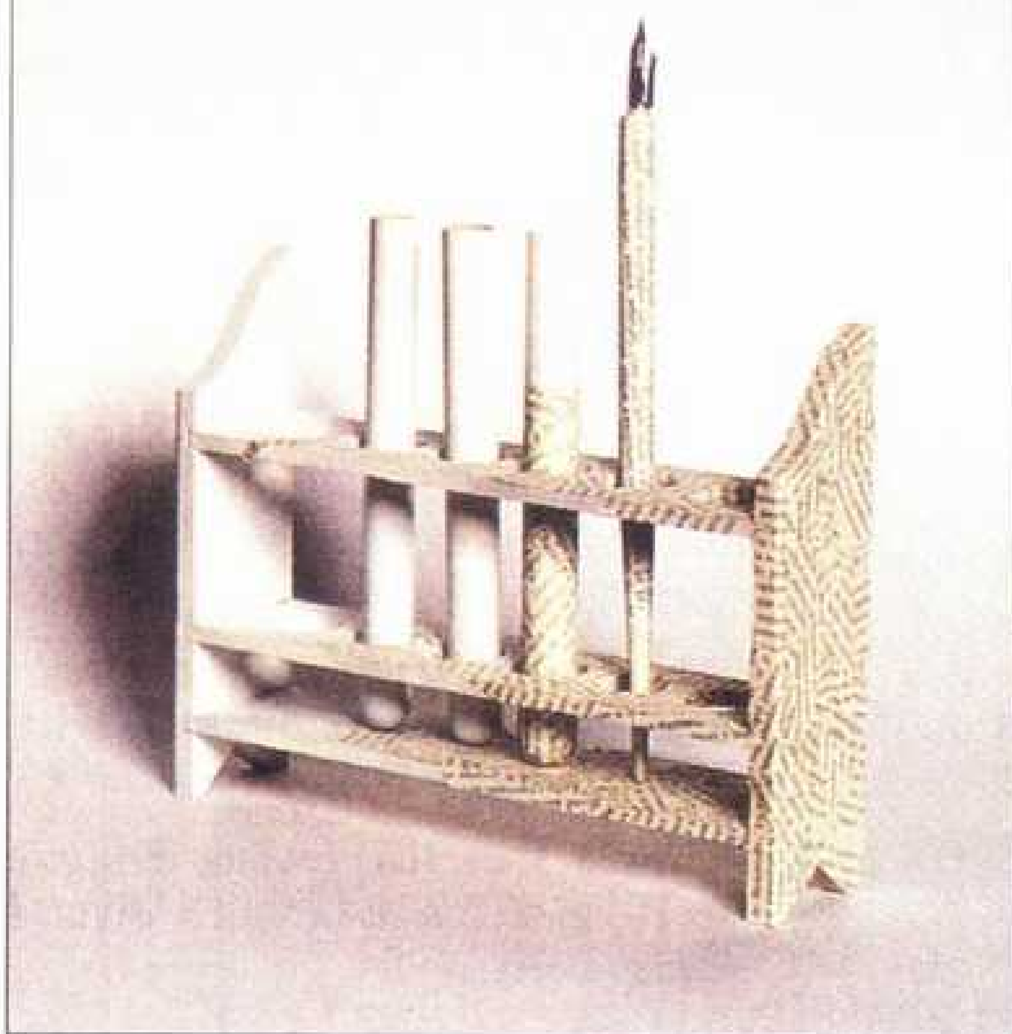
El mapa indica la distribución estimada del total de infecciones por VIH en los adultos desde finales de los años 1970 hasta mediados de 1994. Las tablas indican el número de casos declarados y estimados en Francia y en otros países del mundo.

PARA MÁS INFORMACIÓN:

- G. Bez y C. Jasmin (eds.), *Cancer, sida et société. Pour una approche globale de la santé*, ESF editor, 1993.
- G. Bez, «L'hôpital à l'épreuve du sida», *Gestions hospitalaires*, nº 337, junio-julio 1994.
- J. Dormont (bajo la dir. de), *Prise en charge des personnes atteintes par le VIH*, Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1993.
- C. Manuel y J.-L. San Marco (eds.), *Sida: les enjeux éthiques*, Doin, 1994.
- B. Hoerni, *L'autonomie en médecine. Nouvelles relations entre les personnes malades et les personnes soignantes*, Payot, 1991.
- E. Hirsch, *Responsabilités humaines pour temps de sida*, Les Empêcheurs de tourner en rond eds., 1994.
- «Sida et société», revista *Agora*, otoño 1991.
- M.A. Hermitte, *in* M. Vacquin (ed.), *La Responsabilité. La condition de notre humanité*, Eds. Autrement, 1994.
- «De la prévention des risques à la réparation des victimes», revista *Esprit*, junio 1993.
- «Sida I et II», revista *Ethique*, nº 10 y nº 12, éditions Universitaires, París, 1994.
- G. Rezza *et al.*, «Assessing HIV prevention among injecting drug users in the European countries: a review», *Social and Preventive Medicine, 39 (suppl. 1)*, S61, 1994.
- B. Broers, «Méthadone et sida», *Méd. et Hyg., 52*, 2162, 1994.
- C. Ferron y A. Laurent-Beq, *Parler du sida avec les adolescents*, CFES, 1993, 2 rue Auguste Comte, 92170 Vanves.
- Le Journal du Sida, excelente publicación mensual editada por Arcat-sida, 13 bd. de Rochechouart, 75009 París.
- *Ruban Rouge*, notable magazine televisado dedicado al sida, en France 3, el sábado a última hora de la noche (!).
- Agence Nationale de Recherches sur le sida (ANRS), 66 bis av. Jean-Moulin, 75014 París.
- Réseau National de Santé Publique, 14 rue du Val d'Osne, 94415 Saint-Maurice Cedes.

EDUARDO PRIMO YÚFERA
INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
Alianza Universidad n.º 789, Alianza Editorial, Madrid, 1994

Eduardo Primo Yúfera es un notable investigador y experto de reconocido prestigio en el campo de la agroquímica. Ha sido catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia y actualmente es profesor emérito de la misma Universidad.
La presente obra es una ampliación de otra publicada en 1981 titulada *La investigación, un problema de España*. Tal como dice el autor en el prólogo, esta nueva versión recoge fundamentalmente las lecciones correspondientes a un curso de doctorado que con el mismo título que el libro, el autor viene impartiendo en la UPV desde 1982.

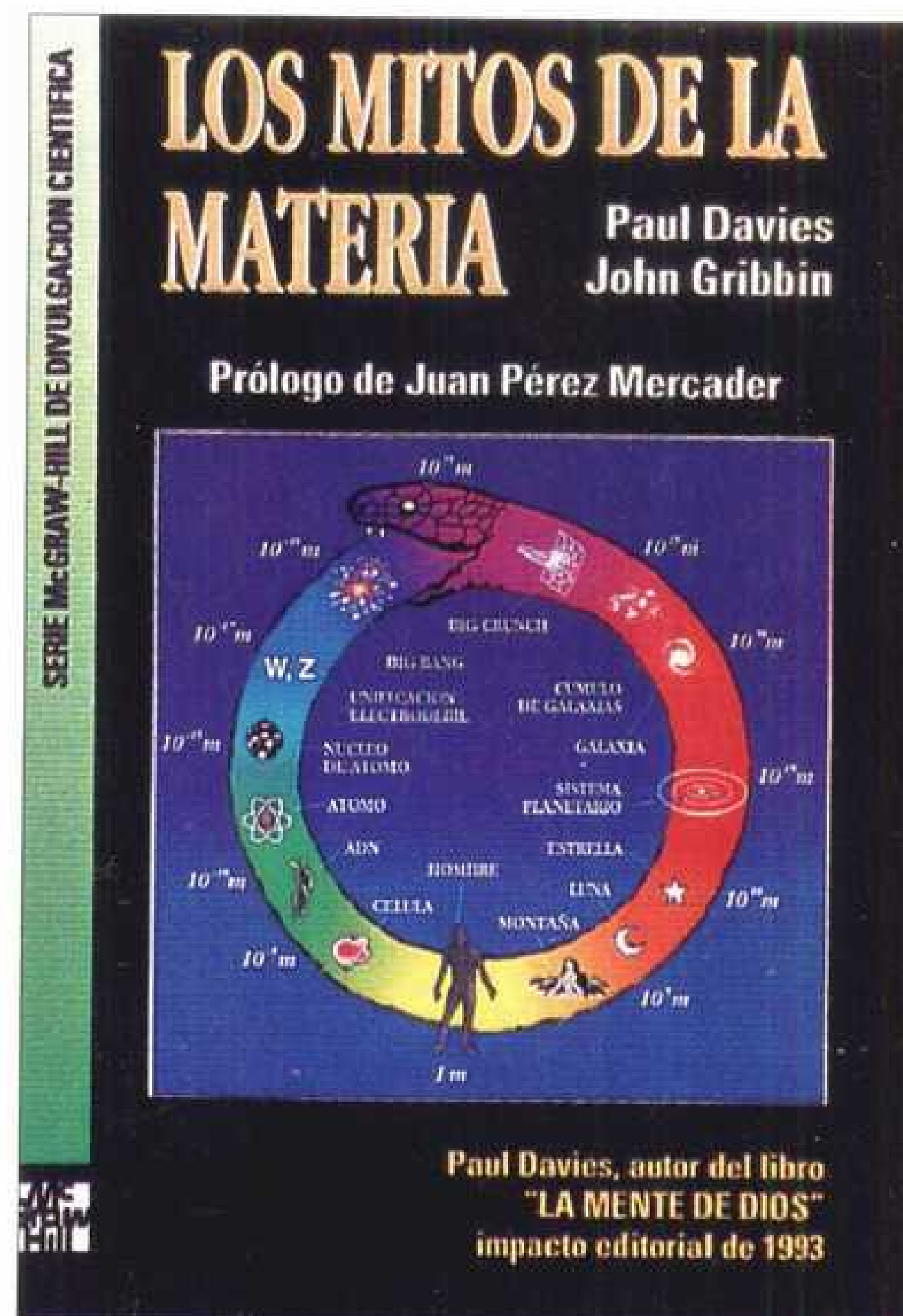


A grandes rasgos podríamos decir que el libro de Primo Yúfera pretende hacer comprensible el mundo de los investigadores y la especial naturaleza de la Investigación. Desde este punto de vista, no se trata de una obra de divulgación. No va dirigida al gran público sino a los universitarios que tarde o temprano se enfrentarán como actores o como espectadores, con el tema de la investigación; se trata de una obra rigurosa, pensada y dirigida al mundo universitario. Sin embargo, si nos quedásemos con esta primera impresión haríamos un flaco servicio a los posibles lectores de Primo Yúfera.
La claridad, sencillez y amenidad de la obra, salpicada de mil anécdotas, algunas de clara procedencia bibliófila y muchas otras producto de la dilatada y rica experiencia del autor, hacen del libro una pequeña obra maestra. Si el libro sólo recogiese las mil historias, miserias y grandezas de la investigación, ya valdría la pena de ser leído. Pero hay mucho más; hay una teoría de cómo debe ser la investigación, desde un punto de vista práctico, ético y sociológico. De cómo debe comunicarse lo investigado e incluso de cómo debe llevarse a cabo, al menos la investigación más próxima al autor, que sería la química o bioquímica. Todo ello narrado con un estilo limpio, sencillo y nada rebuscado, que permite una lectura fácil y rápida.
El libro está estructurado en siete capítulos. Los tres primeros exponen los fundamentos de la investigación: los conceptos fundamentales, el investigador y el proceso investigador. El capítulo cuarto es notable, explica qué son y cómo deben ser las publicaciones científicas; no tiene desperdicio. Los tres últimos están dedicados a los aspectos sociales de la investigación: la investigación aplicada, ciencia y sociedad, y la investigación universitaria.
Algunas opiniones expresadas por el autor, sobre todo en los últimos capítulos que relacionan la investigación y el país, pueden parecer polémicas, sin embargo seguro que son compartidas por cualquier persona de formación universitaria, que no anteponga otros criterios que los puramente universitarios. Con referencia a la Universidad española es justificadamente pesimista; los grandes males los sintetiza con tres ideas muy claras y expuestas contundentemente: masificación, baja preparación del alumnado y mediocridad del profesorado; augura que el declive aún no se ha frenado; si en el momento actual se corrigieran las tendencias negativas probablemente se tardaría entre 12 y 15 años la recuperación de la Universidad. Un ejemplo de opinión respecto a determinado tipo de investigadores, que lamentablemente abundan más de lo que sería conveniente: «Pero también hay científicos "pseudo-puros" (o pseudo-genios) que reclaman las dotaciones para una investigación de carácter básico, libre y sin controles, sin tener la vocación o la capacidad para merecerla; tratan, de este modo, de eludir la responsabilidad del compromiso con la sociedad que los mantiene, justificándose con publicaciones de dudosa creatividad.»
No hace falta decir que recomendamos vivamente la lectura de este libro fascinante, ameno y en algunos aspectos crítico con determinadas actitudes y formas de conducta, pero siempre interesantes, respetuoso y ponderado.

A. L. Miranda

PAUL DAVIES Y JOHN GRIBBIN
LOS MITOS DE LA MATERIA
McGraw-Hill / Interamericana de España, Madrid, 1995

Paul Davies, profesor de física matemática de la universidad de Adelaida (Australia), es un conocido investigador y divulgador científico; hay que señalar el notable éxito obtenido con *La mente de Dios*, publicado en 1993 en esta misma serie. John Gribbin es un astrofísico, que durante cinco años estuvo incorporado al «staff» de la revista *Nature* y desde 1978 es asesor científico de la revista *New Scientist*.
La presente obra es un libro de divulgación científica, centrada preferentemente en las últimas teorías físicas y cosmológicas. En el prólogo los autores establecen lo que será el hilo conductor de la obra. Presentan el concepto, denominado «paradigma», desarrollado por Thomas Kunh, como un instrumento de trabajo, soporte o conjunto de herramientas para estudiar la realidad. El paradigma actual se conoce con diversos nombres: reduccionismo, materialismo, mecanicismo materialista, etc. Una característica esencial del paradigma es que una vez establecido y aceptado presenta una extraordinaria inercia al cambio; incluso un descubrimiento científico aislado que no encaje



dentro del paradigma establecido, puede no ser capaz de cambiarlo.
Los autores defienden la teoría de que se está produciendo un cambio de paradigma. Diversas aportaciones tales como la teoría de Kaluza-Klein, la del grupo de CalTech, las supercuerdas o el fantasma de la materia, están arrinconando al viejo reduccionismo al mismo tiempo que se alumbra un nuevo paradigma posmecanicista, que algunos llaman provisionalmente holístico. El nuevo paradigma tendrá más en cuenta el conjunto que el detalle, la interrelación más que la propiedad particular. Será integral, indeterminista y abierto, donde observador y observación están sometidos al principio de incertidumbre.
El libro constituye un típico producto de divulgación científica, agradable, bien construido y con nulo soporte matemático, lo cual facilita la lectura a un público amplio aunque carezca de formación física universitaria.
Quizá puede apreciarse una innecesaria especulación en torno a las desorbitadas aplicaciones referentes a determinadas teorías, que pueden tener validez y sentido a escala cuántica, pero carecer de significado en otro ámbito. Otro aspecto a resaltar es que el cambio de paradigma no debe inducir al lector a manifestar rechazo por el viejo. El descubrimiento de la penicilina y la llegada a la Luna son el resultado de la vieja ciencia reduccionista. Por lo demás el libro es interesante y de lectura rápida y amena. Las ilustraciones, que abren los capítulos —lástima que carezcan de color— corresponden a desarrolos fractales, en un claro simbolismo de cambio de paradigma.

A. L. Miranda

LOS AGUJEROS NEGROS (VÍDEO)
Divisa Ediciones, Madrid, 1994

Los agujeros negros forma parte de una colección denominada *Astronomía* que consta de diez cintas de vídeo. Esta colección está producida por la compañía japonesa NHK Enterprises & Rias TV. La aproximación al tema se

LAS CIENCIAS

realiza mediante el viaje imaginario de una nave espacial por las cercanías de un agujero negro. El ciclo químico de formación de una estrella se simula acertadamente y está comentado por un profesor de astrofísica. Actualmente, se sabe que, bajo ciertas condiciones, este ciclo conduce a la formación de un agujero negro. Posteriormente, se explican los primeros descubrimientos relacionados con los agujeros negros (denominación acuñada más recientemente) y se comentan las valiosas aportaciones de Karl Schawarzschild. En 1916, Schawarzschild solucionó la ecuación de la gravedad de Einstein y estableció en qué condiciones una estrella puede colapsar y engendrar un agujero negro.
La segunda mitad de la cinta presenta los experimentos sobre radioastronomía que se han llevado a cabo en las últimas décadas. Desde el lanzamiento de «Uhuru» por el MIT en Kenia (1970) hasta la exploración de la bóveda celeste en búsqueda del centro de nuestra galaxia con radiotelescopios gigantes, y llevada a cabo en el desierto de Nuevo México, Estados Unidos.
La explicación de un fenómeno cosmológico complejo como un agujero negro se realiza de una forma muy didáctica y excelentemente apoyada por simulaciones digitales. No obstante, sorprenden tres aspectos: primero, la forma de iniciar la aproximación al tema (más propia de una película de ciencia ficción que de un documental científico); segundo, la breve aparición de una ecuación matemática en un material dirigido al gran público; y por último, la omisión de la cita obligada de Sthepen Hawking, personaje célebre que ha efectuado numerosas contribuciones científicas al tema de los agujeros negros.

Carlos Ruiz Moya

ERNEST NAGEL Y JAMES R. NEWMAN
EL TEOREMA DE GÖDEL
Editorial Tecnos, Madrid, 1994

El «teorema de Gödel» es una de las más sensacionales conquistas científicas del siglo XX. Su autor —que sólo contaba vainticinco años cuando lo publicó, en 1931— revolucionó con él los cimientos de la lógica y de la matemática como Heisenberg los de la física con sus ecuaciones de incertidumbre.
Muchos de los más interesantes desarrollos de la informática se cuentan entre los frutos cosechados por este legendario teorema, del que, por otra parte, se ha valido el físico Penrose para cuestionar los supuestos de la inteligencia artificial.
El teorema de Gödel, ha escrito Hofstadter, es como una perla en una ostra. Su secreto no se percibe escrutando la perla, sino el aparato demostrativo oculto en la ostra que la aloja. El presente libro de Nagel y Newman es el único existente que permite a un lector sin base matemática obtener un conocimiento del teorema, de su prueba y de su contexto histórico, suficiente para poder formarse juicio propio sobre las consecuencias que comporta para nuestro concepto de la mente y de la cultura humana.

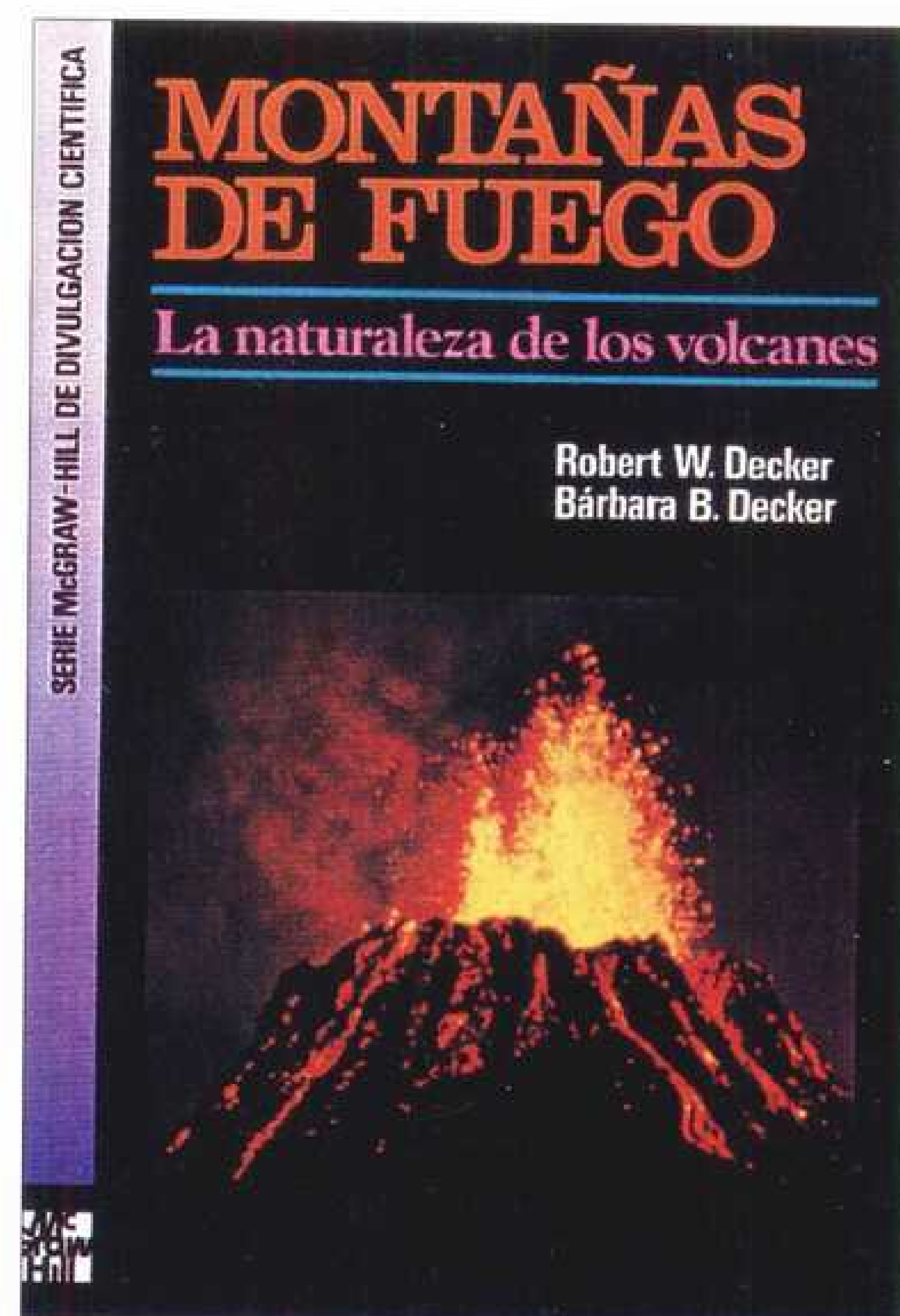
M.C.



ROBERT W. DECKER Y BÁRBARA B. DECKER
MONTAÑAS DE FUEGO. LA NATURALEZA DE LOS VOLCANES
McGraw-Hill / Interamericana, de España, Madrid, 1993

Los autores son expertos vulcanólogos con abundante experiencia de campo. Bárbara Decker es una escritora especializada en temas de vulcanología; ha estado presente en numerosas erupciones volcánicas. Robert Decker es un investigador adscrito al Observatorio de seguimiento de volcanes de Hawai, con amplia experiencia en vulcanismo y tectónica de Indonesia, Islandia, Alaska, Centroamérica y la costa oeste de Estados Unidos.
La obra constituye una introducción al tema general de los volcanes, desde una perspectiva científica y rigurosa; sin embargo no se trata de un libro de iniciación para estudiantes de Geología. Es una obra dirigida al gran público.
El libro está dividido en tres partes:

- *Las montañas volcánicas.* Se establece una clasificación de los volcanes y del tipo de erupciones. Especialmente interesante es el capítulo dedicado a los volcanes del sistema solar.
- *Las rocas volcánicas.* Se estudia el material que sale del volcán, las coladas de lava, la precipitación volcánica, las coladas piroclásticas, los aludes y las coladas de barro.
- *El riesgo y la recompensa.* En esta parte se estudia el interesante tema de la predicción de las erupciones volcánicas. Las posibilidades reales, los éxitos y los fracasos. Dicen los autores que el establecimiento de cooperación entre científicos, autoridad civil y medios de comunicación relacionados con una determinada actividad volcánica, es fundamental para reducir riesgos. También dicen que es difícil de conseguir. Por ejemplo si hay una predicción sobre la base del 10 % de posibilidad de producirse una erupción volcánica, la decisión de la autoridad civil de evacuar una población de algunos miles de habitantes, es cuanto menos difícil de tomar. En esta parte de la obra se estudian también las aportaciones positivas de los volcanes, tales como un incremento de la



fertilidad del terreno a medio plazo, un poco de esperanza ante tanta desolación. Es interesante la reflexión relativa al clima. ¿Hasta qué punto pueden ser responsables los volcanes de los cambios climáticos?
Como dicen los autores «... la vulcanología no es un estrecho campo de estudio. Los volcanes hechan raíces a gran profundidad de la superficie terrestre y algunos de sus productos se elevan hasta la estratosfera».
Se trata de un libro muy ameno e instructivo. Cada capítulo contiene una descripción novelada de las erupciones volcánicas históricas más conocidas. Los instantes previos y la acción devastadora posterior. Merece una atención especial la dedicada a Pompeya y Herculano. El libro contiene un glosario de términos, muy útil en este tipo de libros, una lista de lecturas recomendadas y un índice analítico.

A. L. Miranda

EL FUEGO DE LA TIERRA (VÍDEO)
Divisa Ediciones, Madrid, 1994

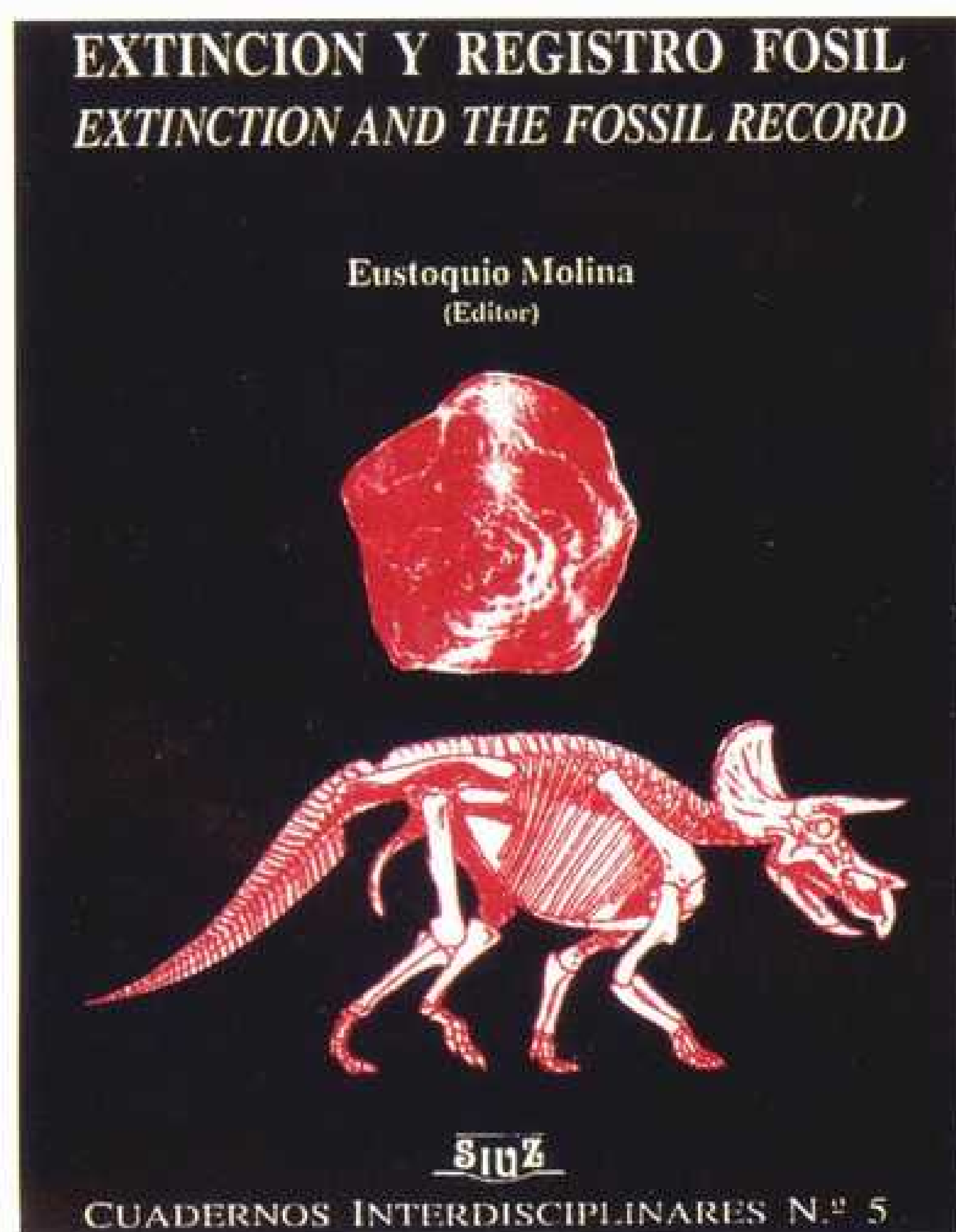
El fuego de la Tierra es una colección de seis cintas de vídeo que incluyen los siguientes títulos: «Del volcán prohibido a la montaña de Dios (Tanzania-Kenia-Zaire)»; «Los dominios del volcán (Italia-Sicilia)»; «El triángulo del Afar (Etiopía-Djibouti)»; «La cordillera de los volcanes (Chile-Guatemala)»; Java, los cráteres fértiles (Indonesia) y «Prevenir lo imposible (Antártida-Antillas-Japón-Filipinas-Francia)».
Este trabajo, coproducido por Gaumont Television, Cine Documents Tazieff y France 2, muestra el trabajo realizado, a lo largo de su vida, por Haroun Tazieff, ingeniero agrónomo y geólogo. Las imágenes proceden del fondo cinematográfico de este vulcanólogo heterodoxo. Algunas de ellas son realmente impresionantes debido a que Haroun Tazieff es, básicamente, un experimentalista y, en su opinión, «la única forma de conocer realmente los volcanes es visitándolos

y realizando toma de muestras *in situ*».
De los títulos de cada cinta se desprende que esta colección es un recorrido por la mayor parte de las zonas con actividad volcánica del mundo. En ellas, es posible ver todos los tipos de volcanes así como sus diferentes formas de manifestación eruptiva. El trabajo de campo realizado en el cráter del volcán consiste, básicamente, en la recogida de gases para su posterior análisis en el laboratorio. No obstante, y dadas las condiciones ambientales de las zonas de muestreo, sobrecoge la visión de este hombre realizando su trabajo.
Se adivina que el autor goza de cierto prestigio en el mundo de la vulcanología debido a su dilatada experiencia, prestigio quizá contestado desde ciertos sectores más ortodoxos. Se hecha en falta en las cintas el visionado de una zona como las islas Hawai con actividad volcánica casi permanente. Aproximadamente, seis horas de imágenes de volcanes en erupción pueden parecer excesivas si se afrontan de forma continuada, pero la excepcionalidad de algunas imágenes ayuda a sobrellevarlas. Una colección recomendable.

Carlos Ruiz Moya

EUSTAQUIO MOLINA (EDITOR) (VÍDEO)
EXTINCIÓN Y REGISTRO FÓSIL
SIUZ (Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza), Zaragoza, 1994

La extinción de las especies y sus causas es un tema que ha despertado un enorme interés, tanto en la comunidad científica como en la sociedad actual. El presente texto forma parte de la colección de cuadernos interdisciplinares publicada por el Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza y está integrado por los contenidos actualizados de una serie de conferencias impartidas sobre el tema de la extinción desde el año 1991. El editor ha decidido mantener el idioma original de cada conferencia (5 en español y 5 en inglés), pero para facilitar la comprensión se incluyen resúmenes en español o inglés.
La ilustración del libro está al nivel que requiere una obra de estas características. El texto se apoya en un gran número de fotografías y microfotografías en blanco y negro, esquemas dibujados a partir de fotografías para facilitar su interpretación, gráficos, esquemas, árboles filogenéticos, mapas paleogeográficos y tablas.



El texto incluye 10 capítulos, una exposición sistemática de los datos obtenidos sobre el tema que se aborda, una amplia discusión, las conclusiones finales y una bibliografía específica, exhaustiva y actualizada.
La obra se inicia con una aproximación a las causas de la extinción que siguen dos modelos básicos, la extinción de fondo, aleatoria, y la extinción masiva que elimina bruscamente un gran número de especies muy variadas. El registro fósil pone de manifiesto cinco grandes crisis de extinción a finales del Ordovícico, Devónico, Pérmico, Triásico y Cretácico. En este apartado se aborda el estudio de las crisis de extinción Cretácico/Terciario y otras dos más reducidas que han sido analizadas en detalle (las del final del Paleoceno y el Eoceno).
Las extinciones pueden ser explicadas, según su magnitud, por causas biológicas, geológicas o extraterrestres. Para documentar este último caso, se presenta la estructura de Azuara, situada a unos 50 km al sur de Zaragoza, que es una de las mayores estructuras de impacto de Europa con un diámetro estimado de 35 a 40 km. Se discuten los principales rasgos geológicos (metamorfismo de impacto, proyecciones, etc.) y algunas contradicciones entre las observaciones geológicas básicas y los argumentos presentados a favor de la hipótesis meteorítica.
Cualquier obra sobre extinción de especies no puede olvidar la transición entre la fauna mesozoica y cenozoica y su relación con un impacto meteorítico en el límite entre el Cretácico y el Terciario. La cuarta conferencia presenta la enorme diversidad de evidencias que indican que un objeto de 10 a 15 km diámetro chocó con la Tierra a finales del Cretácico, seguramente en el norte de la península de Yucatán, en México. A continuación, se aborda el estudio de los patrones de extinción de un grupo concreto, los ammonites, analizando las causas biológicas y geológicas que llevaron a una extinción escalonada en masa al final del mesozoico.
Las secciones siguientes reinciden sobre el tránsito entre el Cretácico y el Terciario desde distintos puntos de vista. Se presentan datos geoquímicos obtenidos en arcillas del límite C/T en Dinamarca, España y Nueva Zelanda, que permiten deducir un declive en la productividad biológica de las aguas superficiales. Por otra parte, se analiza la bioestra-tigrafía y evolución de los foraminíferos planctónicos en España. A continuación se presenta la extinción masiva de foraminíferos bentónicos batiales y abisales en el límite del Paleoceno con el Eoceno. Finalmente, se aborda la problemática de la predicción de las extinciones, desde la de los grandes mamíferos actuales hasta la de los foraminíferos. Cada día que pasa es más evidente el comienzo de una extinción masiva de especies que, eventualmente, podría afectar a la especie humana.

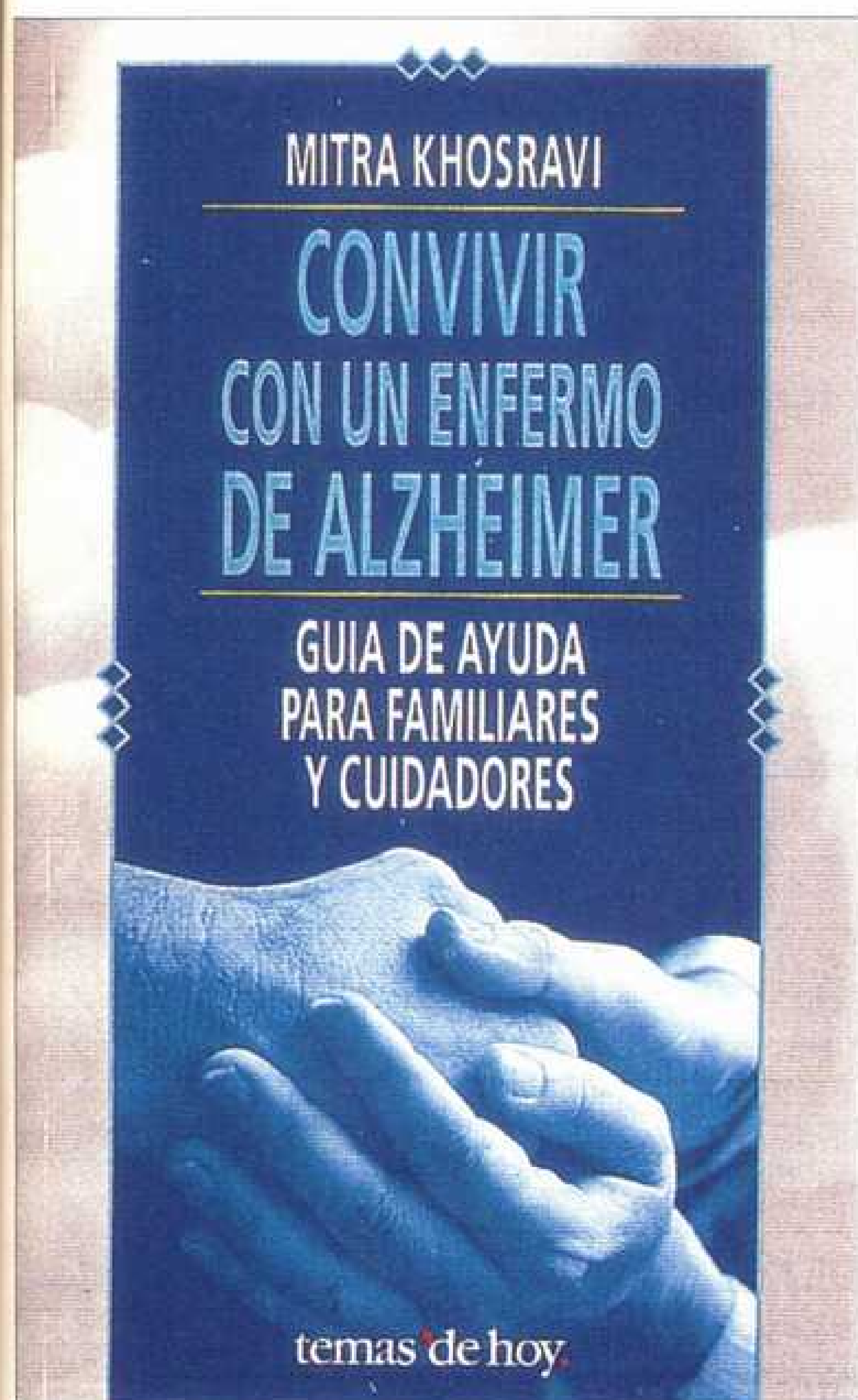
Carlos Oliver Martínez-Fornés

FRANCISCO CHARTE
PROGRAMACIÓN MULTIMEDIA EN WINDOWS
Anaya multimedia, Madrid, 1994

La difusión de la informática a nivel personal se ha extendido a pasos de gigante con la posibilidad de utilizar en los ordenadores los tipos de información más populares, como la música, la fotografía o las secuencias de vídeo. En nuestro entorno, el Windows se ha convertido en un estándar y los programadores se han visto obligados a adaptarse a este gran cambio para poder responder a las exigencias de los usuarios en el campo multimedia.
El libro aborda el mundo de los ordenadores PC multimedia desde un punto de vista muy amplio, logrando dar una panorámica general de las distintas posibilidades que nos ofrece, sin tratar de competir con obras monográficas de cada uno de los aspectos implicados. El grueso de la obra está constituido por una colección de programas que muestran la utilización de las funciones de acceso a los dispositivos multimedia. Los programas han sido desarrollados con el compilador Borland C++ 4.0, unas veces en C y otras en C++ en función de la complejidad de las situaciones. El autor ha tratado de minimizar la utilización de vocabulario técnico para facilitar la comprensión del texto.
La primera parte del libro proporciona una visión general de la multimedia en los ordenadores personales (posibilidades, requerimientos, adaptadores ...), el papel del Windows en la comunicación con los diferentes dispositivos y las funciones de bajo y alto nivel de que disponemos.
A continuación se aborda el estudio sistemático de la programación de los principales dispositivos multimedia. Con el primero, el CD-ROM, aprendemos a realizar las operaciones básicas (saber si está instalado, conocer sus características o seleccionar uno entre varios dispositivos). El autor explica con claridad la utilización de las funciones necesarias y a continuación, incluye el listado del programa correspondiente. El capítulo concluye con el código que simula en pantalla un reproductor de CD, con sus botones de reproducción, parada, control de volumen, etc.
La programación de dispositivos de entrada y salida del sonido en forma de onda, adecuado para sonidos de la vida real, y dispositivos MIDI, se aborda con la utilización de funciones de alto y bajo nivel. La sección de televisión y vídeo en Windows trata, en otros aspectos, la superposición de vídeo, la manipulación de ventanas de visualización, la parada y la captura de imágenes y la edición de secuencias de vídeo.
A continuación, se muestra el control de otros dispositivos (el videodisco, el joystick o palanca de juegos) y la programación de una serie de servicios accesorios imprescindibles, como el control preciso del tiempo, la gestión de archivos RIFF.
Los últimos capítulos son, en realidad, apéndices de gran utilidad. Se incluye una referencia rápida de las funciones y comandos multimedia utilizados en el texto con el fin de facilitar de los parámetros y la sintaxis, algunas aplicaciones del audio en forma de onda. El texto concluye con una aproximación a las presentaciones multimedia en la que se diseña un programa modelo con el que se puede ejecutar la presentación ejemplo sobre la ciudad de Jaén que incluye fotografía, explicaciones, vídeos... sobre su historia, economía y costumbres.
El libro está acompañado de un CD-ROM que contiene el código fuente de los programas desarrollados en el texto y los programas ejecutables. Además, se incluyen archivos de audio en forma de onda, archivos MIDI, secuencias de vídeo, fotografías y la presentación multimedia sobre Jaén mencionada anteriormente.

Carlos Oliver Martínez-Fornés

C I E N C I A S



• ***La interacción social en contextos educativos,*** Pablo Fernández Berrocal y Mª Ángeles Melero Zabal (Comps.), Siglo Veintiuno de España Editores, S.A., Madrid, 1995.

• ***Psicología básica,*** Aníbal Puente Ferreras, Introducción al estudio de la conducta humana, Pirámide, Madrid, 1995.

• ***Ciencias de la naturaleza en Al-Andalus III: Textos y estudios,*** E. García Sánchez, CSIC, Madrid, 1995.

• ***Diccionario histórico de la antropología española,*** Carmen García Ortiz y Luis Ángel Sánchez Gómez, CSIC, Madrid, 1995.

• ***Dali, Época de Madrid,*** Rafel Santos Torroella, CSIC, Madrid, 1995.

• ***Bibliografía entomológica de autores españoles (1758-1990),*** Carolina Martín Albadelejo, CSIC, Madrid, 1995.

• ***A future for the Baltic?,*** Scientists Discurs an environmental challenge, The Swedisch Council for planning and coordination of research, Stockholm, 1994.

• ***El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo,*** Murray Gell-Mann, Col. Metatemas, Tusquets Editores, Barcelona, 1995.

• ***La depresión en la mujer,*** Emilce Dio Bleichmar, bolsiTemas nº 41, Temas de Hoy, Madrid, 1995.

• ***Hijos de padres separados,*** Alejandra Vallejo-Nágera, bolsiTemas nº 44, Temas de Hoy, Madrid, 1995.

• ***Convivir con un enfermo de Alzheimer,*** Mitra Khosravi, Guía de ayuda para familiares y cuidadores, Temas de Hoy, Madrid, 1995.

• ***El estado del mundo,*** Lester R. Brown, Un informe del Worldwatch Institute sobre el progreso hacia una sociedad sostenible, Unesco, Madrid, 1995.

• ***Adolescentes en conflicto. Un informe psicojurídico,*** Javier Urra Portillo, Editorial Pirámide, Madrid, 1995.

• ***Ecología: de las razones a los derechos,*** Vicente Bellver Capella, Editorial Comares, Granada, 1995.

• ***Introducción a la ecología política,*** Francisco Garrido Peña, Editorial Comares, Granada, 1995.

• ***En los albores de la era solar: ¿Es posible un sistema industrial ecológico?,*** Ricardo Marqués, Editorial Comares, Granada, 1995.

• ***La sabiduría del antiguo Egipto,*** César Vidal Manzanares, Alianza Editorial, Madrid, 1994.

• ***Agenda del embarazo,*** Birgitt von Maltzahn, Alianza Editorial, Madrid, 1994.

• ***El inolvidable libro de la memoria,*** Nick Mirsky, Planeta Singular, Planeta, Barcelona, 1995.

• ***Fronteras de la ciencia y la tecnología, nº 8,*** Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, abril-junio, 1995.

• ***El médico,*** nº 558, Profesión y humanidades, Saned, Madrid, abril, 1995.

• ***Le courrier de l'Unesco,*** Éditions Hors Siège, París, abril, 1995.

• ***Ibérica,*** nº 373, revista de actualidad electrónica, Asociación de Pedagogía de las ciencias, Barcelona, abril, 1995.

• ***News 3X/400,*** nº 53, revista para el profesional de los S/3X y AS/400, Edita Help 400, Barcelona, abril, 1995.

• ***Integral,*** nº 184, Edita Integral, Barcelona, abril, 1995.

• ***Ecología internacional,*** nº 10, Revista mensual para los amantes de la vida, Maj Comunicación, Madrid, 1995.

• ***Previsión sanitaria nacional,*** nº 105, Edita PSN, Madrid, 1995.

• ***Gerencia ambiental,*** nº 14, Thibaud & Levis consultores, Argentina, abril, 1995.

• ***L'Histoire,*** nº 187, Société D'Éditions Scientifiques, París, abril, 1995.

• ***Política científica,*** nº 45, Comisión interministerial de ciencia y tecnología, Madrid, abril, 1995.

• ***OCU Salud,*** nº 2, Edocusa, Madrid, abril-junio, 1995.

C O L O Q U I O S

3-6 ABRIL **BARCELONA (ESPAÑA)**
Jornadas de análisis instrumental expoanalítica y biociencia.
Feria de Barcelona. Avda. Reina Mª Cristina s/n. Palacio nº 1. 08004 Barcelona. Tel. (93) 423 31 01. Fax (93) 423 63 48.

4-6 ABRIL **BARCELONA (ESPAÑA)**
Curso sobre fotografía de viaje.
Centro de documentación del ARC. Ronda San Pedro 53. Barcelona. Tel. (93) 265 47 27.

8-28 ABRIL **BARCELONA (ESPAÑA)**
Curso sobre residuos municipales.
Universidad Politécnica de Cataluña. Avda. Gregorio Marañón s/n. 08028 Barcelona. Tel. (93) 401 61 43 / 62 62. Fax (93) 401 61 44.

17-23 ABRIL **ZARAGOZA (ESPAÑA)**
Curso de antropología y museografía. De la excavación al museo.
Ayuntamiento de Gotor. C/ Convento, s/n. 50257 Zaragoza. Tel./Fax: (976) 82 16 21.

19 ABRIL **BARCELONA (ESPAÑA)**
Conferencia sobre avances en medicina de la reproducción.
Instituto Dexeus. Calatrava 83. 08017 Barcelona. Tel. (93) 227 47 47. Fax (93) 211 16 54.

23-24 ABRIL **MADRID (ESPAÑA)**
Seminario sobre diseño de pruebas de software.
Crei. Zurbano 42. 28010 Madrid. Tel. (91) 586 29 94 / 93. Fax (91) 586 29 80.

24-27 ABRIL **BARCELONA (ESPAÑA)**
Curso práctico de dibujo de aves.
Asociación de amigos del Museo de Zoología de Barcelona. Passeig Picasso s/n (Parc de la Ciutadella). 08003 Barcelona. Tel. (93) 319 69 12 / 69 50. Fax (93) 310 49 99.

24-27 ABRIL **MADRID (ESPAÑA)**
Curso de medida y control de las emisiones atmosféricas en procesos de combustión.
Ciemat. Instituto de estudios de la energía. Avda. Complutense 22. 28040 Madrid. Tel. (91) 346 64 86. Fax (91) 346 60 05.

24-28 ABRIL **MADRID (ESPAÑA)**
Curso sobre bases de datos relacionales.
Crei. Zurbano 42. 08010 Madrid. tel. (91) 586 29 94 / 93. Fax (91) 586 29 80.

25 ABRIL-23 MAYO **BARCELONA (ESPAÑA)**
Curso de fotografía naturalista.
Universidad Politécnica de Cataluña. Avda. Gregorio Marañón s/n. 08028 Barcelona. Tel. (93) 401 61 43 / 62 62. Fax (93) 401 61 44.

26 ABRIL **BARCELONA (ESPAÑA)**
Conferencia sobre liposucción.
Instituto Dexeus. Calatrava 83. 08017 Barcelona. Tel. (93) 227 47 47. Fax (93) 211 16 54.

27-28 ABRIL **LOGROÑO (ESPAÑA)**
Congreso internacional de tecnología y calidad alimentarias.



Congreso internacional de tecnología y calidad alimentarias. Gran Vía 7, 8º. 26002 Logroño (La Rioja). Tel. (941) 24 85 00. Fax (941) 23 99 65.

27-30 ABRIL **VALENCIA (ESPAÑA)**
Ecofira'95. Feria de ecología y medio ambiente del Mediterráneo.
FMI. Avda. de las Ferias s/n. Apdo. 476. 46080 Valencia. Tel. (96) 386 11 00. Fax (96) 363 61 11.

28 ABRIL-1 MAYO **BARCELONA (ESPAÑA)**
Jornadas sobre aves y hábitats Mediterráneos.
Centre Català d'Ornitologia. Doctor Trueta 195. 08005 Barcelona. Tel. (93) 381 69 05.

1-15 MAYO **SALAMANCA (ESPAÑA)**
Primer curso de farmacocinética avanzada.
Dir. José Martínez Lanao. Universidad de Salamanca. Patio de Escuelas 1. 37008 Salamanca. Tel. (923) 29 44 00.

3 MAYO **BARCELONA (ESPAÑA)**
Conferencia sobre afecciones oculares en la tercera edad.
Instituto Dexeus. Calatrava 83. 08017 Barcelona. Tel. (93) 227 47 47. Fax (93) 211 16 54.

4 MAYO **BARCELONA (ESPAÑA)**
Jornada sobre familia y enfermedad de Alzheimer.
Srta. M.T. Sáez y R. Mañas. Instituto Universitario Dexeus. Pg. Bonanova 67 - C. Calatrava 83. 08017 Barcelona. Tel. (93) 418 96 12.

8-19 MAYO **ZARAGOZA (ESPAÑA)**
Gestión de recursos cinegéticos.
Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza. Apdo. 202. 50080 Zaragoza. Tel. (976) 57 60 13. Fa x (976) 57 63 77.

10-12 MAYO **PALMA DE MALLORCA (ESPAÑA)**
IV Jornadas sobre tecnologías de la información para la modernización de las administraciones públicas.
Fires y Congressos de Balears, S.A. Ciutat de Querétaro s/n. 07007 Palma de Mallorca. Tel. (971) 77 13 02. Fax (971) 77 01 60.

15 MAYO-2 JUNIO **SALAMANCA (ESPAÑA)**
Informática y gestión de actividades.
Dir. Eladio Sanz. Universidad de Salamanca. Patio de esculeas 1. 37008 Salamanca. Tel. (923) 29 44 00.

16-18 MAYO **LONDRES (REINO UNIDO)**
Internet woeld international. Soporte técnico y logístico para servicios internet.
Mecklernedia. Tel. (44) 171 976 0405. Fax (44) 171 976 596.

17 MAYO **BARCELONA (ESPAÑA)**
Conferencia sobre cómo cuidar los pies.
Instituto Dexeus. Calatrava 83. 08017 Barcelona. Tel. (93) 227 47 47. Fax (93) 211 16 54.

17-18 MAYO **SALAMANCA (ESPAÑA)**
Exploraciones funcionales en endocrinología pediátrica.
Dir. Jesús Prieto Veiga. Universidad de Salamanca. Patio de Escuelas 1. 37008 Salamanca. Tel. (923) 29 44 00.

21-26 MAYO **TENERIFE (ESPAÑA)**
XXXV Reunión científica de la Sociedad española para el estudio de los pastos.
Centro de investigación y tecnología agrarias. 38080 Tenerife. Tel. (922) 54 01 54. Fax (922) 54 29 12.

23-25 MAYO **MADRID (ESPAÑA)**
Módulo sobre servicios Internet.
Crei. Zurbano 42. 28010 Madrid. Tel. (91) 586 29 94 / 93. Fax (91) 586 29 80.

24 MAYO **BARCELONA (ESPAÑA)**
Conferencia sobre por qué es necesario un chequeo dermatológico.
Instituto Dexeus. Calatrava 83. 08017. Barcelona. Tel. (93) 227 47 47. Fax (93) 211 16 54.

30 MAYO-1 JUNIO **MADRID (ESPAÑA)**
Módulo sobre correo electrónico X-400.
Crei. Zurbano 42. 28010 Madrid. Tel. (91) 586 29 94 / 93. Fax (91) 586 29 80.

31 MAYO **BARCELONA (ESPAÑA)**
Conferencia sobre orientación deportiva en el niño.
Instituto Dexeus. Calatrava 83. 08017 Barcelona. Tel. (93) 227 47 47. Fax (93) 211 16 54.

1-3 JUNIO **COPENHAGUE (DINAMARCA)**
VI Congreso europeo de obesidad (ECO'95).
Ultramar Congress. Diputación 238, 3º. 08007 Barcelona. Tel. (93) 482 71 40 / 50. Fax (93) 482 71 58.

MUNDO CIENTIFICO LA RECHERCHE, *versión en castellano*

SUMMARY N° 156

SUSCRÍBASE A
MUNDO CIENTIFICO

LA RECHERCHE, *versión en castellano*













NÚMEROS ATRASADOS DE MUNDO CIENTÍFICO

Sírvanse enviarme los siguientes números: ....

(Agotados los números: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 27, 31, 36, 38, 43, 50, 53, 57, 60, 67, 71, 72, 73, 96 y 104.)

Forma de pago: ☐ contrarrembolso (675 ptas. ejemplar, más 275 ptas. por gastos de envío expedición).

Nombre ....

Domicilio ....

Población .... Código Postal ....

Provincia ....

MUNDO CIENTIFICO

• DIRECTOR
José Gili Casals

• COMITÉ DE REDACCIÓN
Jerónimo Lorente
Mercé Durfort
Martí Llorens
Joan Izquierdo

• REDACCIÓN
Martí Llorens
Ofelia Favarón
Manuel López Naval
Natalia Gili

• DISEÑO GRÁFICO
Mercedes Ruiz-Larrea

LA RECHERCHE

• DIRECTOR GENERAL
Stéphane Khémis

• COMITÉ CIENTÍFICO
Marc Augé
Claude Cohen-Tannoudji
Vincent Courtillot
Jean-Gabriel Ganascia
Marc Jeannerod
Jean-Claude Lehmann
Jean-Marie Lehn
Claude Lorius
Luc Montagnier
Alain Omont

• DIRECTOR CIENTÍFICO
Gabriel Gachelin

ASESORAMIENTO Y TRADUCCIÓN
La cosmología entre la espada y la pared; Incendios forestales mediterráneos: una historia de pinos; El regreso de la peste; El frente polar: un concepto superado... que tiene siete vidas: *Amadeu Montoto*; Las avalanchas: con el viento, un riesgo: Enfermedades neuromusculares: impedir la muerte de las neuronas; Los mil y un ardides de los microbios intracelulares; Dossier: La sociedad francesa, a prueba ante el sida: *Jaume Gavaldá*; La luz, escalpelo de las moléculas; De la memoria humana a la memoria artificial; ¿Jaque a las metástasis?; Superconductores a alta temperatura: el debate se reaviva: *Joan Pericay*.

EDITA

EDITORIAL FONTALBA, S.A.
Pérez Galdós 36
08012 Barcelona (España)
Tel. (93) 415 67 71*. Fax. (93) 416 18 57

Director General
José Gili Casals

Directora Comercial
Ariadna Hernández

Directora de Publicidad
Marta Bellés
Príncipe de Asturias 66
08012 Barcelona
Tel. (93) 415 23 22
Fax (93) 238 07 30

SUSCRIPCIONES
Isabel Albareda, Gemma Valls, Marisol López, Mireia López
Pérez Galdós 36. 08012 Barcelona
Tel. (93) 415 40 50. Fax. (93) 416 18 57
Horario: 9 a 14 y de 15 a 18 horas (lunes a viernes)

PROMOCIÓN SUSCRIPCIONES
Jefes de zona
Amparo Álvarez Iranzo
Luis A. Griffo

Distribución **Marco Ibérica, S.A.**

Fotocomposición y Fotomecánica FOINSA

Impresión: Litografía Rosés, S.A. Barcelona (España)

El precio para Canarias, el mismo de la portada incluida sobretasa aérea.